



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2015.025	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: GPR-undersøkelser ved Storås og Meldal, Meldal kommune, Sør-Trøndelag			
Forfatter: Bjørn E. Larsen, Jan Fr. Tønnesen og Lars Olsen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Meldal	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1521 III Løkken	
Forekomstens navn og koordinater: WGS84 UTM32N Storås: 530860Ø - 6995980N Meldal: 535890Ø - 6990030N		Sidetall: 26 Kartbilag:	Pris: 120,-
Feltarbeid utført: August 2008	Rapportdato: 27.03.2015	Prosjektnr.: 358000	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: <p>Det ble i august 2008 målt henholdsvis 5 og 11 profiler med georadar ved Meldal og Storås som et ledd i kvartærgeologisk kartlegging. Formålet med målingene var å kartlegge løsmassetyper, løsmassemektigheter og avsetningsstrukturer som grunnlag for vurdering av den kvartærgeologiske utvikling i området ved slutten av siste istid.</p> <p>Begge områder består av fluviale og glasifluviale avsetninger samt morenemateriale. Stratigrafisk fra bunn til topp: morenemateriale, glasifluviale avsetninger og fluviale avsetninger. De fluviale avsetninger ligger på erosjonsplan dannet av elva Orkla som renner sør til nord. Også de glasifluviale avsetningene viser nordlig transportretning. Like sørøst for Storås sentrum fins et område med avsmeltningsmorene som inneholder flere dødisgroper.</p> <p>GPR-undersøkelsene har stort sett støttet tolkningene fra den kvartærgeologiske kartleggingen av området. Enkelte områder var det nødvendig å justere grenser mellom enheter. Sluttresultatet er en bedre geologisk forståelse etter GPR-undersøkelsene har blitt integrert i kvartærgeologisk kartlegging.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Kvartærgeologi	
		Fagrapport	

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
2. Metode.....	2
2.1 GPR (Ground Penetrating Radar).....	2
2.2 Innsamling av data.....	2
2.3 Stedfesting	4
2.4 Prosessering	4
2.5 Hastighetsbestemmelse.....	5
3. Resultater.....	5
3.1 Storås	7
3.1.1 Profil L01, L02 og L16	7
3.1.2 Profil L03 og L04	12
3.1.3 Profil L05, L06 og L07	13
3.1.4 Profil L13, L14 og L15	16
3.2 Meldal.....	20
3.2.1 Profil L08	20
3.2.2 Profil L09, L10, L11 og L12	22
4. Konklusjoner	25
5. Referanser.....	26
A. Vedlegg	I

Figurer

<i>Figur 1.1: Oversiktskart.</i>	1
<i>Figur 2.1: Effekten av et dewow-filter.</i>	4
<i>Figur 3.1: Oversikt over alle GPR-profiler målt ved Storås.</i>	6
<i>Figur 3.2: Oversikt over alle GPR-profiler målt ved Meldal.</i>	7
<i>Figur 3.3: Profil L01a prosessert med og uten tolkning.</i>	8
<i>Figur 3.4: Profil L01b prosessert med og uten tolkning.</i>	9
<i>Figur 3.5: Profil L01c prosessert med og uten tolkning.</i>	9
<i>Figur 3.6: Profil L02a prosessert med og uten tolkning.</i>	10
<i>Figur 3.7: Profil L02b prosessert med og uten tolkning.</i>	10
<i>Figur 3.8: Profil L02c prosessert med og uten tolkning.</i>	11
<i>Figur 3.9: Profil L16 prosessert med og uten tolkning.</i>	11
<i>Figur 3.10: Profil L03 prosessert med og uten tolkning.</i>	12
<i>Figur 3.11: Profil L04 prosessert med og uten tolkning.</i>	13
<i>Figur 3.12: Profil L05a prosessert med og uten tolkning.</i>	13
<i>Figur 3.13: Profil L05b prosessert med og uten tolkning.</i>	14
<i>Figur 3.14: Profil L05c prosessert med og uten tolkning.</i>	14
<i>Figur 3.15: Profil L06 prosessert med og uten tolkning.</i>	15
<i>Figur 3.16: Profil L07 prosessert med og uten tolkning.</i>	16
<i>Figur 3.17: Profil L13a prosessert med og uten tolkning.</i>	17
<i>Figur 3.18: Profil L13b prosessert med og uten tolkning.</i>	18
<i>Figur 3.19: Profil L14 prosessert med og uten tolkning.</i>	19
<i>Figur 3.20: Profil L15 prosessert med og uten tolkning.</i>	20
<i>Figur 3.21: Profil L08a prosessert med og uten tolkning.</i>	21
<i>Figur 3.22: Profil L08b prosessert med og uten tolkning.</i>	21
<i>Figur 3.23: Profil L08c prosessert med og uten tolkning.</i>	22
<i>Figur 3.24: Profil L09a prosessert med og uten tolkning.</i>	23
<i>Figur 3.25: Profil L09b prosessert med og uten tolkning.</i>	23
<i>Figur 3.26: Profil L10 prosessert med og uten tolkning.</i>	24
<i>Figur 3.27: Profil L11 prosessert med og uten tolkning.</i>	24
<i>Figur 3.28: Profil L12 prosessert med og uten tolkning.</i>	25

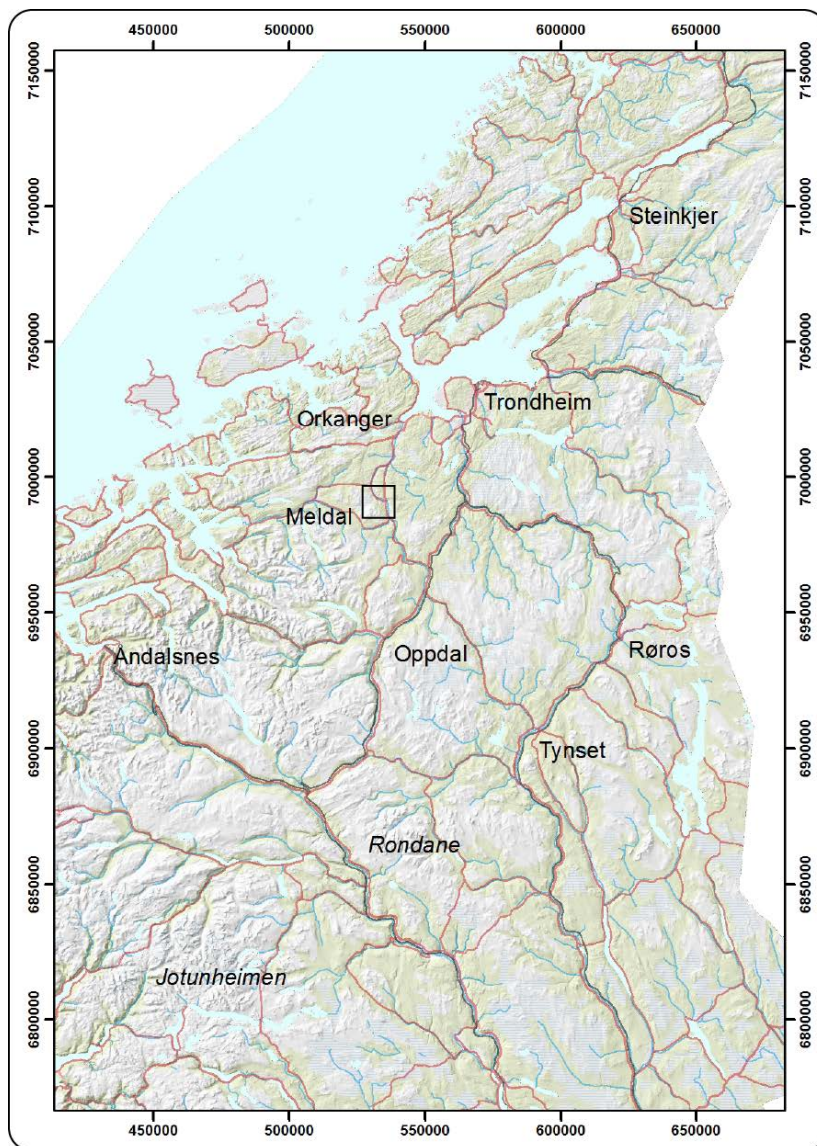
Tabeller

<i>Tabell 2.A: Oversikt over relativ dielektrisk konstant (ϵ_r), hastighet (V) og elektrisk konduktivitet (σ) i utvalgte geologiske materialer.</i>	2
<i>Tabell 2.B: Parametre brukt ved innsamling av GPR-profiler ved Storås og Meldal.</i>	3
<i>Tabell A.A: Koordinater fra håndholdt GPS for profiler ved Storås</i>	I
<i>Tabell A.B: Koordinater fra håndholdt GPS for profiler ved Meldal</i>	I

1. Innledning

I forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging innenfor kartblad 1521 III Løkken (M 1:50 000) gjennomførte NGU i 2008 georadarmålinger ved Storås og Meldal i Meldal kommune, Sør-Trøndelag (oversiktskart *Figur 1.1*). Formålet med målingene var å kartlegge løsmassetyper, løsmassemektheter og avsetningsstrukturer som grunnlag for vurdering av den kvartærgeologiske utvikling i området ved slutten av siste istid.

Målingene omfatter 16 georadarprofiler med samlet lengde nær 5 km. Fem av profilene er målt ved Meldal og 11 ved Storås. I tillegg ble det ved Storås utført en CMP-måling for beregning av radarbølgehastigheten i grunnen. Lokaliseringen av alle målingene er vist i Fig. 3.1 for Storås og Fig. 3.2 for Meldal. Feltarbeidet ble utført 21.-22. og 26.-27. august 2008 av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) sammen med en person fra kartleggingsgruppen som var på stedet i samme perioden.



Figur 1.1: Oversiktskart. Undersøkt område ved Meldal er markert. Koordinatsystem er WGS84 UTM32.

2. Metode

2.1 GPR (Ground Penetrating Radar)

GPR-målinger utføres ved at elektromagnetiske bølger sendes i pulser ned i bakken. Disse bølgene reflekteres tilbake til en mottaker, ved samme prinsipp som refleksjonsseismikk. For å oppnå refleksjon av bølger må det være en kontrast i den dielektriske konstanten mellom to lag. Jo større denne kontrasten er, jo kraftigere refleksjon oppnås. Andelen energi som reflekteres kalles refleksjonskoeffisienten og er styrt av kontrast i **hastigheten** av elektromagnetiske bølger mellom lag. Formel for hastigheten til en elektromagnetisk bølge er gitt ved $V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$, hvor c er lyshastigheten i vakuum og ϵ_r er den relative dielektriske konstanten. Formelen viser at hastigheten, v , er omvendt proporsjonal med roten av den dielektriske konstanten. Typiske verdier av relativ dielektrisk konstant, hastighet og konduktivitet i et utvalg geologiske materialer er gitt i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Oversikt over relativ dielektrisk konstant (ϵ_r), hastighet (V) og elektrisk konduktivitet (σ) i utvalgte geologiske materialer. Fra (Reynolds, 2011).

Material	ϵ_r	V (m/ns)	σ (mS/m)
Luft	1	0,3	0
Vann (ferskt)	81	0,033	0,5
Vann (salt)	81-88	0,033	3000
Sand og grus	3,5-6,5	0,12-0,16	0,007-0,06
Sand og grus (vannmettet)	15,5-17,5	0,07-0,08	0,7-9
Sand	3-6	0,12-0,17	10^{-4} -1
Sand (våt)	10-32	0,05-0,1	0,1-10
Leire	2-5	0,13-0,21	2-100
Leire (våt)	8-40	0,05-0,11	20-1000

I tillegg til at elektromagnetiske bølger har forskjellig hastighet, har de også forskjellig penetrasjonsdybde i forskjellige materialer. Skinndyp (δ) er det dypet når amplituden til et signal har avtatt til $1/e$ (37%) opprinnelig styrke. Det er avhengig av dielektriske og elektriske egenskaper til et material, gitt ved formelen $\delta = \frac{5.31\sqrt{\epsilon_r}}{\sigma}$. Formelen viser at økt konduktivitet gir grunnere skinndyp. Det er verdt å notere seg at skinndyp ikke nødvendigvis er lik penetrasjonsdybden til georadar, men det gir et godt estimat.

2.2 Innsamling av data

Det ble utført 16 profil-linjer og en CMP-sondering med et pulseEKKO 100 system (Sensors & Software, 1996). To antenner, en sender og en mottaker er koblet opp via fiberoptikk mot en DVL (Digital Video Logger) og en kontrollmodul. Innstillinger og parametre brukt ved de forskjellige profillinjene er gitt i Tabell 2.3 og Tabell 2.4.

Frekvens er en parameter som styrer oppløsning og dydbrekkevidde. Høye frekvenser har liten penetrasjonsdybde og høy oppløsning mens ved lave frekvenser er det motsatt. Den valgte frekvensen på 100MHz er velegnet for formålet til denne undersøkelsen som var å kartlegge løsmasser.

Tidsvinduet styrer hvor lenge systemet vil måle et signal, og dermed også hvor dypt vi kan måle. Formelen $D = V * \frac{T_2}{2}$ gir dybde som funksjon av toveis gangtid (T_2) og hastighet (V). Teoretisk dybderekkevidde med et tidsvindu på 1400 ns og en hastighet på 0.1 m/ns vil være 70 m.

Samplingsintervall er tiden mellom hver måling på hvert enkelt signal. Det er veldig viktig at samplingsintervallet er korrekt i forhold til frekvensen på signalet. Jo høyere frekvens som blir benyttet jo oftere må signalet måles for å unngå "aliasing" fortegnings av signalet. Sensors & Software anbefaler et samplingsintervall på 0.8 ns ved 100 MHz senterfrekvens.

Avstand mellom antenner kan enten være fast eller variabel. Ved refleksjonsundersøkelser brukes en fast avstand. Sensors & Software anbefaler en avstand mellom sender og mottaker lik lengden på antennene. Når det utføres en CMP(Common Mid-Point)-undersøkelse er ikke avstanden mellom sender og mottaker fast. Her flyttes antennene fra hverandre mellom hver måling med en fast steglengde over et felles midtpunkt. På denne måten gjøres en vertikal sondering som brukes til å beregne gjennomsnittshastighet til en reflektor.

Steglengde er avstanden mellom hver måling (trace) langs profilet. Ved hver måling gjøres det repeterte målinger, kalt "*stacks*". Deretter beregnes et gjennomsnitt av alle "*stacks*" fra samme punkt. Dette gjøres for å fjerne tilfeldig støy fra målingene samt forsterke reflektorene.

Tabell 2.2: Parametre brukt ved innsamling av GPR-profiler ved Storås og Meldal.

* Steglengde målt med odometer.

** Steglengde målt med manuelt.

Linje	Type	Frekvens (MHz)	Tidsvindu (ns)	Samplingsintervall (ps)	Pkt per trace	Antenneavstand (m)	Steglengde (m)	Trace #	Stacks
L01	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	1649	4
L02	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	763	4
L03	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	473	4
L04	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	687	4
L05	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	1741	4
L06	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	213	4
L07	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	271	4
L08	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	1362	4
L09	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	700	4
L10	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	141	4
L11	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	244	4
L12	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	427	4
L13	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	602	4
L14	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5**	255	4
L15	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5**	249	4
L16	Refleksjon	100	1400	800	1750	1	0.5*	60	4
L17	CMP	100	1800	800	2250	1-30	1	31	16

Utløsermekanismen brukt i denne undersøkelsen er odometerhjul med trigger hver 0.5 m for alle profiler bortsett fra L14 og L15 hvor tett vegetasjon gjorde at steglengde ble målt manuelt.

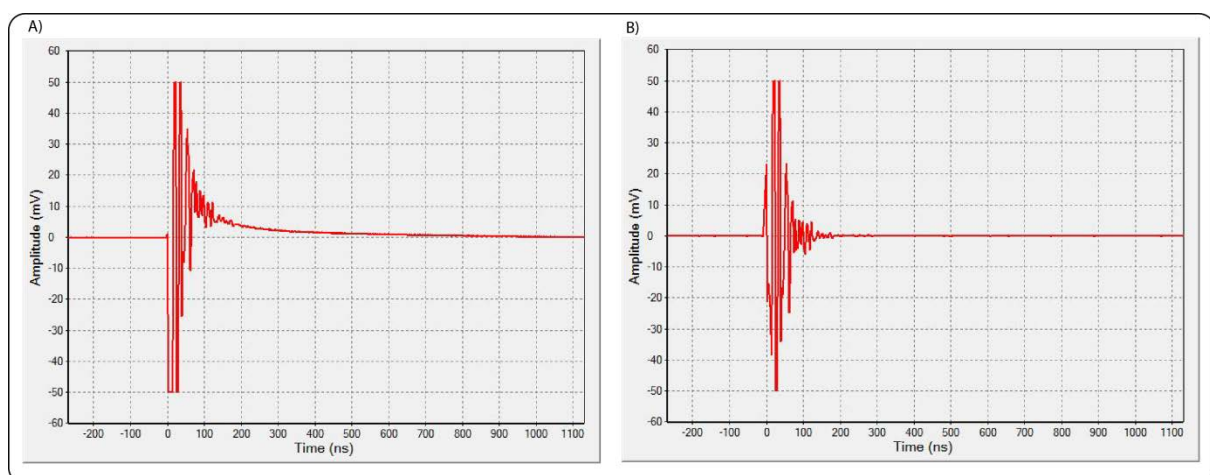
2.3 Stedfesting

Nyere systemer har integrert GPS-system slik at hver enkelt måling blir stedfestet med koordinater. GPR-profilene som presenteres i denne rapporten er samlet inn før et slikt GPS-system ble installert. Posisjon ved start og slutt, samt noen punkter langs linja er målt med håndholdt GPS. Resterende geografisk informasjon digitalisert fra kartplott produsert under undersøkelsene. Koordinater ble deretter koblet til GPR-profilene slik at alle profiler er georefererte. Topografi er hentet fra kartverkets 10 m digitale terrengmodell (Kartverket.no)

2.4 Prosessering

For å tolke innsamlet data må data prosesseres. All prosessering ble gjort i EKKO_Project V1 R3 (Sensors & Software, 2013).

Dewow er gjerne det første steget som blir gjort under prosessering. Det utsendte GPR-signalet kan indukere lav-frekvente bølger kalt *wow* som legger seg oppå det resterende signalet (*Figur 2.1*). For å kompensere for denne effekten utføres en dewow langs hvert trace.



Figur 2.1: Effekten av et dewow-filter. Begge figurene viser trace nr 1 fra L03 før (A) og etter (B) utført dewow.

Siden radar signalet svekkes med tiden, er det ofte nødvendig å styrke signalet mot slutten av tidsvinduet. Dette gjøres for at også dypliggende strukturer skal kunne visualiseres på lik linje med grunne. Denne prosessen kalles *forsterkning*, og det fins flere måter å utføre den på.

Automatic Gain Control (AGC) forsøker å utlikne amplitudene omvendt proporsjonalt med signalstyrken. Dette gjør at svake, dypliggende reflektorer, blir mest forsterket. For å unngå at veldig svake signal skal produsere veldig store gains fins det en innstilling for maksimal gain.

Konstant forsterkning er den enkleste forsterkningen som kan utføres. Det er kun en multipliseringsfaktor som styrer forsterkningen. Ulempen er at allerede sterke signaler forsterkes for mye siden forholdet mellom sterke og svake signaler er konstant.

Spreading & Exponential Calibrated Compensation (SEC2) er eksponensiell forsterkning. I motsetning til AGC, som forsterker omvendt eksponensielt med amplituden,

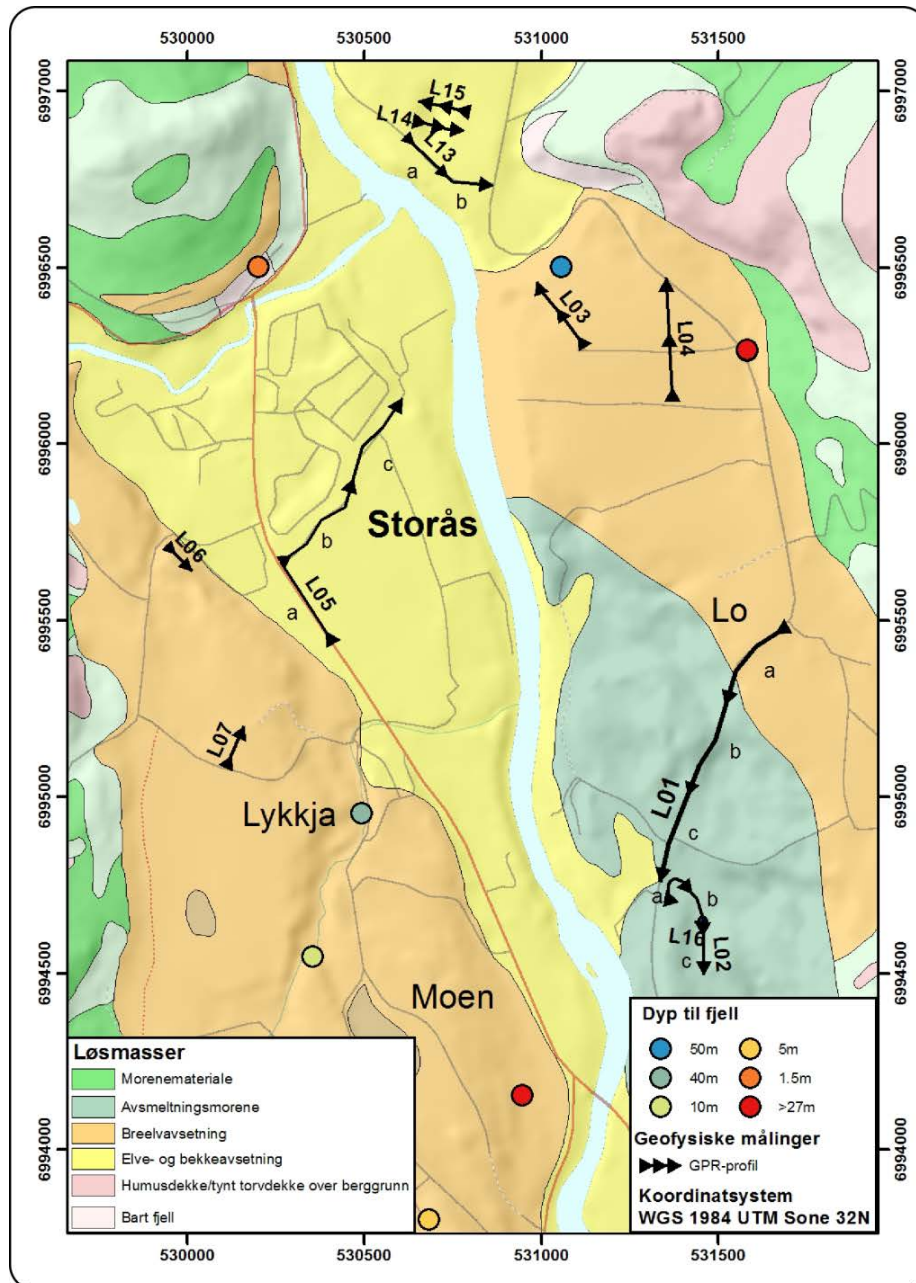
forsterker SEC2 eksponensielt med *tid*. Dermed tar SEC2 bedre hensyn til den naturlige svekkelsen av signalet med dypet. Også denne metoden har en innstilling for maksimalt forsterkning for å unngå for store amplituder. I tillegg må demping av radarsignalet oppgis i dB/m, samt en startverdi som skal legges til eksponensialfunksjonen. Startverdien avhenger av hvor stor forsterkning som ønskes i overflatenære strukturer. EKKO_Project foreslår automatisk verdier for alle disse parameterene som er gode nok.

2.5 Hastighetsbestemmelse

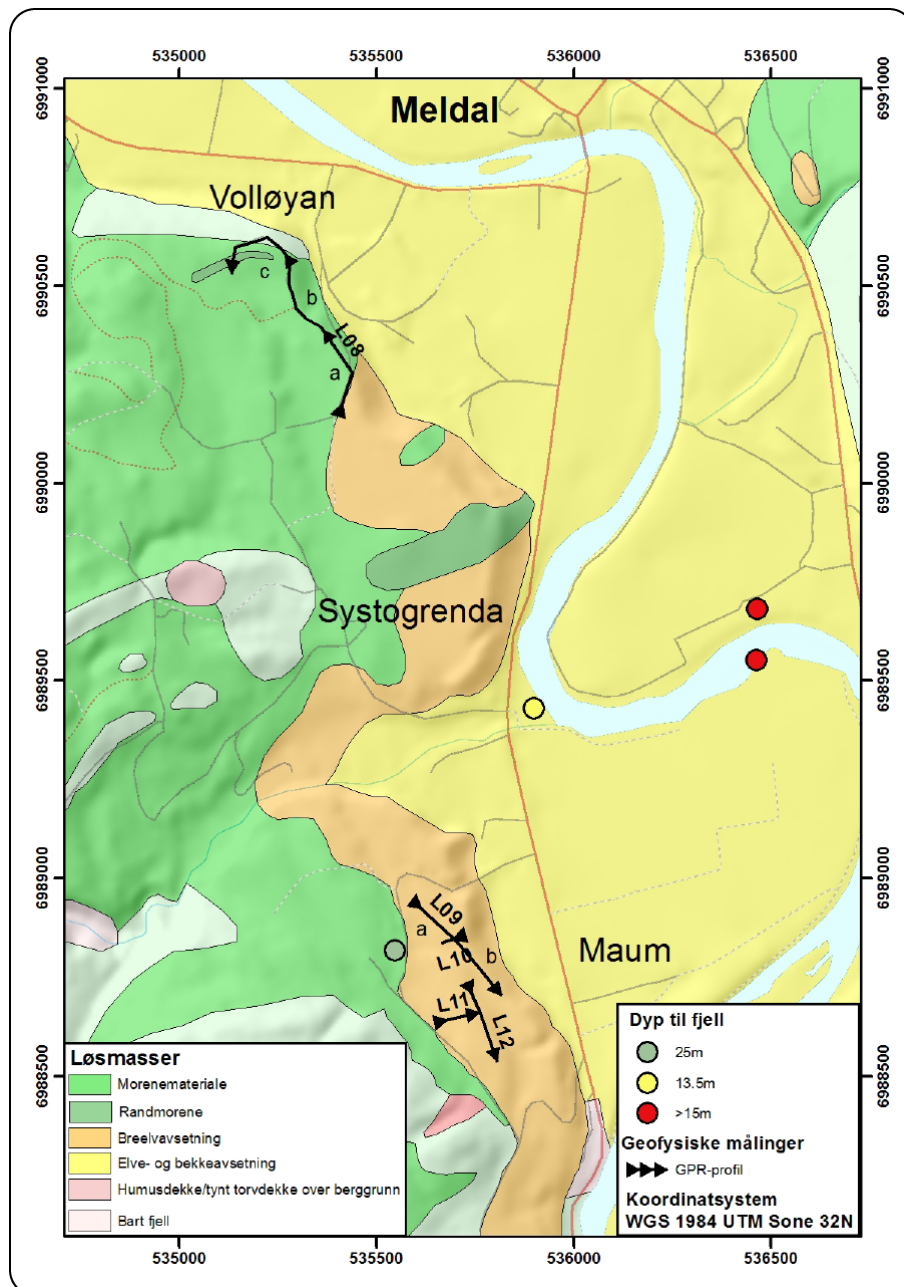
For at profilene skal kunne konverteres fra tid til dyp er det nødvendig å vite hastigheten til radar-bølgene. Det fins flere metoder som kan benyttes, men i denne undersøkelsen er det kun brukt hyperbel-tilpassing i de profiler dette lar seg gjøre.

3. Resultater

Det ble målt til sammen 17 profil-linjer. Linje L08-L12 ved Meldal (*Figur 3.1* og *Figur 3.2*) og L01-L07 og L13-L17 ved Storås, hvorav linje L17 var en CMP type. Hastighet er kalibrert fra hyperbler på L02 som befinner seg ved grensen mellom dødisgropen og avsmeltningsmorenen. Generell mangel på hyperbler i de fleste profiler har gjort at hastighet målt i profil L02 ble brukt i alle profiler. Hastighetsanalyse fra CMP-profilet ga veldig variable resultater. Det var vanskelig å tilpasse hyperbler til profilet så resultatene er sett bort fra.



Figur 3.1: Oversikt over alle GPR-profiler målt ved Storås med dyp til fjell fra borehullsdata hentet fra Nasjonal Grunnvannsdatabase (GRANADA). Kvartærgeologisk kart fra NGU Nasjonal Løsmassedatabase (Løsmassekart). Oppdelte profiler er merket a-c.



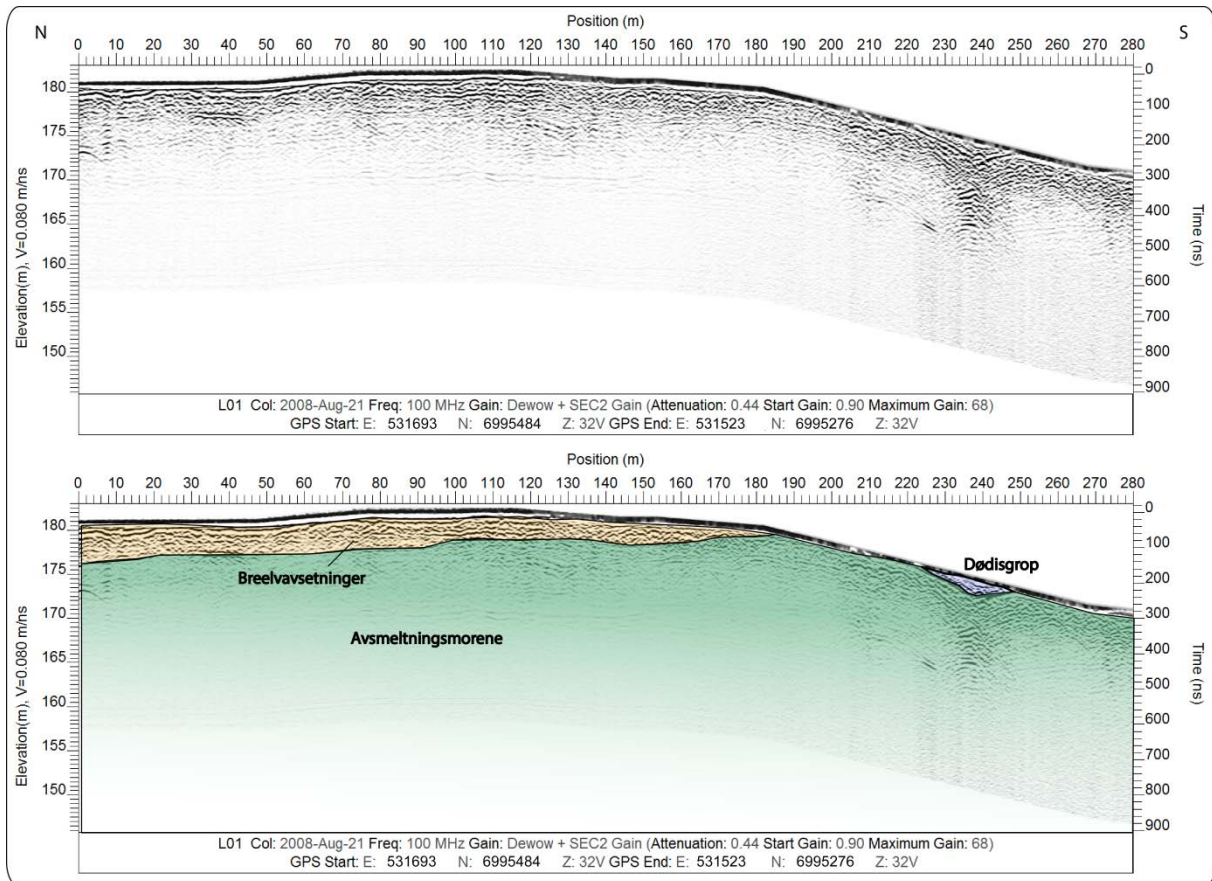
Figur 3.2: Oversikt over alle GPR-profiler målt ved Meldal med dyp til fjell fra borehullsdata hentet fra Nasjonal Grunnvannsdatabase (GRANADA). Kvartærgeologisk kart fra NGU Nasjonal Løsmassedatabase (Løsmassekart). Oppdelte profiler er merket a-c.

3.1 Storås

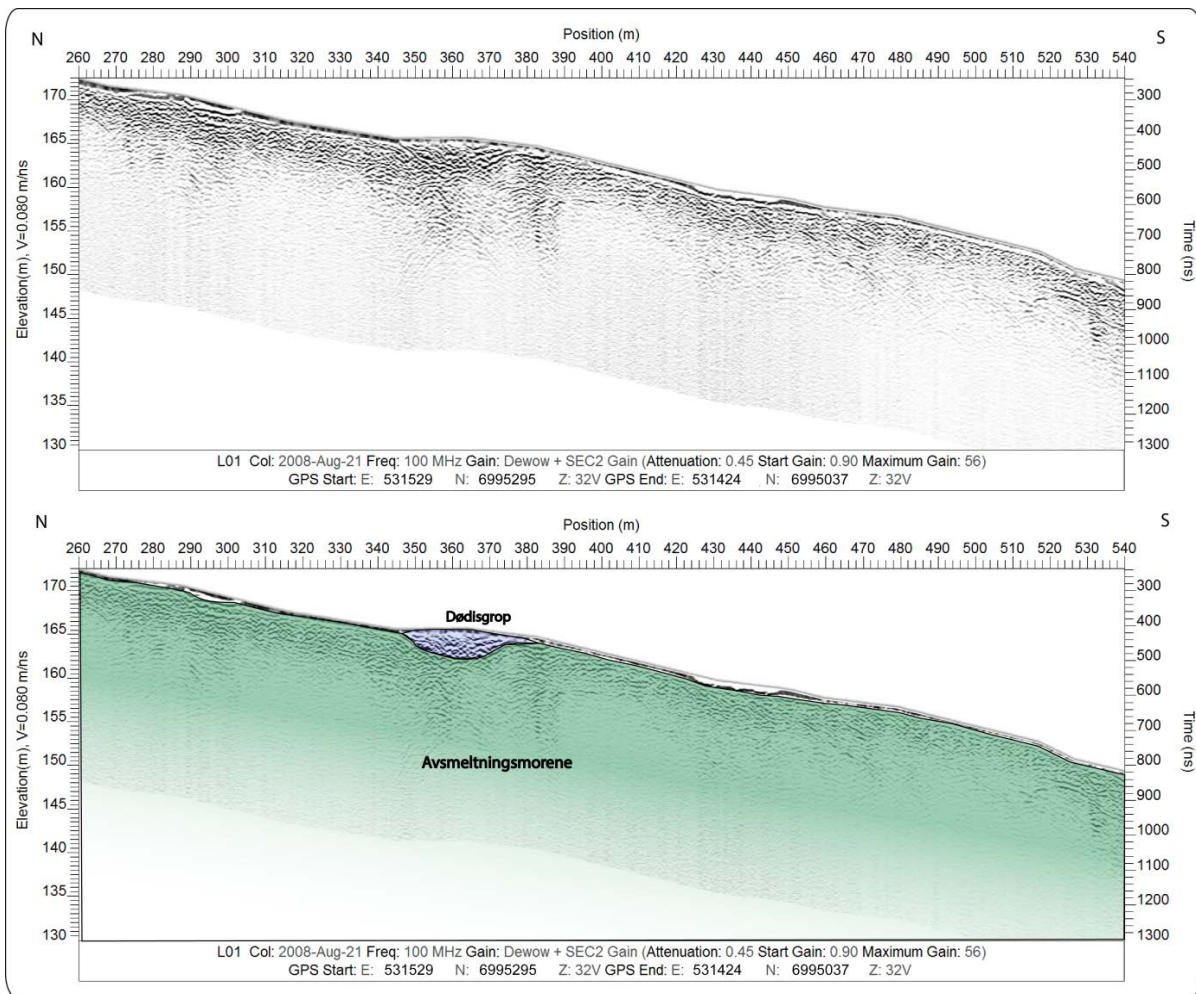
3.1.1 Profil L01, L02 og L16

Profil L01, L02 og L16 ligger sørøst for Storås på *Figur 3.1*. L01 og L02 er delt inn i tre deler a-c for å beholde et tilfredsstillende forhold mellom lengde og dybde. L01 starter en flate kartlagt som breeivsedimenter. Dette bekreftes av profilet da det er en horisontal lagdeling i de øverste lagene (*Figur 3.3*). Ned langs skråningen (*Figur 3.4*) fins det ingen avsetningsstrukturer bortsett fra små lommer i overflaten som har en mer tydelig lagdeling. Disse er tolket som dødisgroper som ligger oppå en avsmeltningsmorene. Ned mot bunnen av skråningen (*Figur 3.5*) fins en tettere ansamling dødisgroper. L02 befinner seg i samme

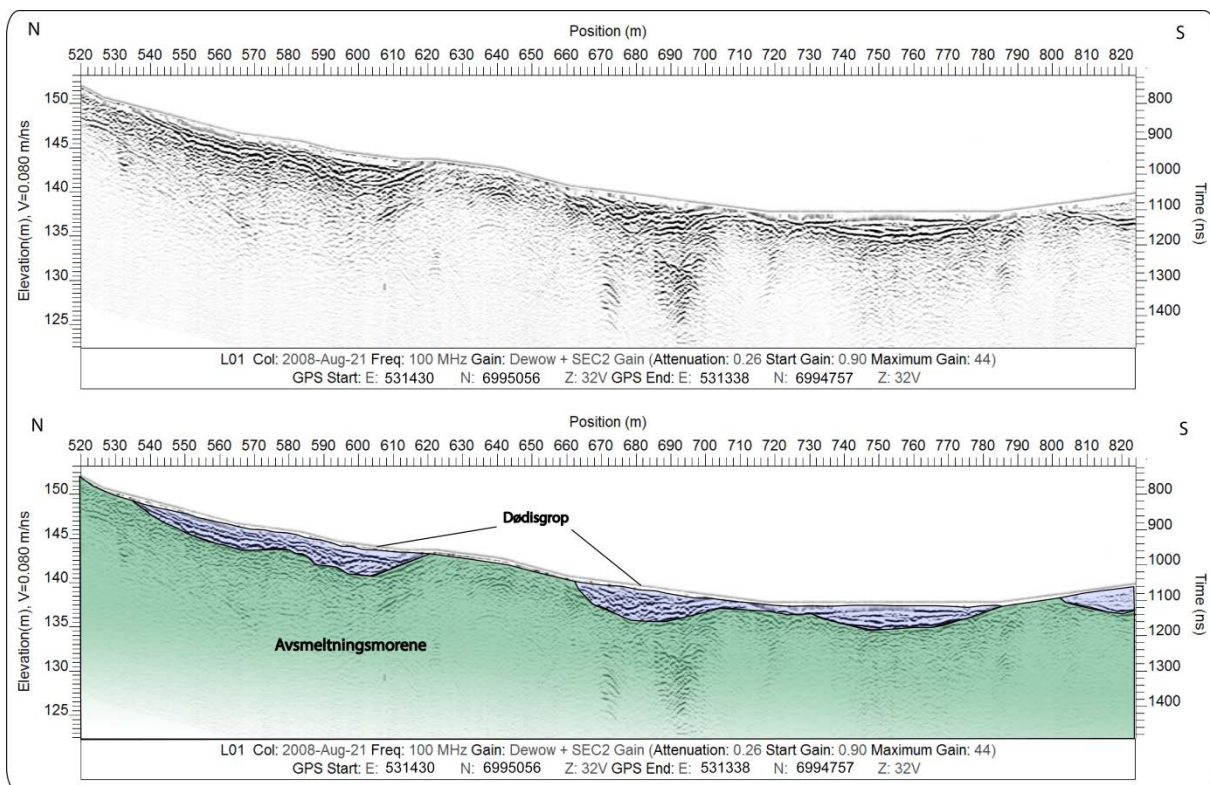
område som L01 avsluttet. *Figur 3.6*, *Figur 3.7* og *Figur 3.8* viser dødisgroper oppå avsmeltningssmorene. L16 (*Figur 3.9*) krysser L02 vinkelrett ved ca 240 m og viser den samme dødisgropen som *Figur 3.7*. Dette viser at gropen har mer eller mindre samme utstrekning i begge horisontale retninger, noe som bekrefter at det er en dødisgrop og ikke en kanal.



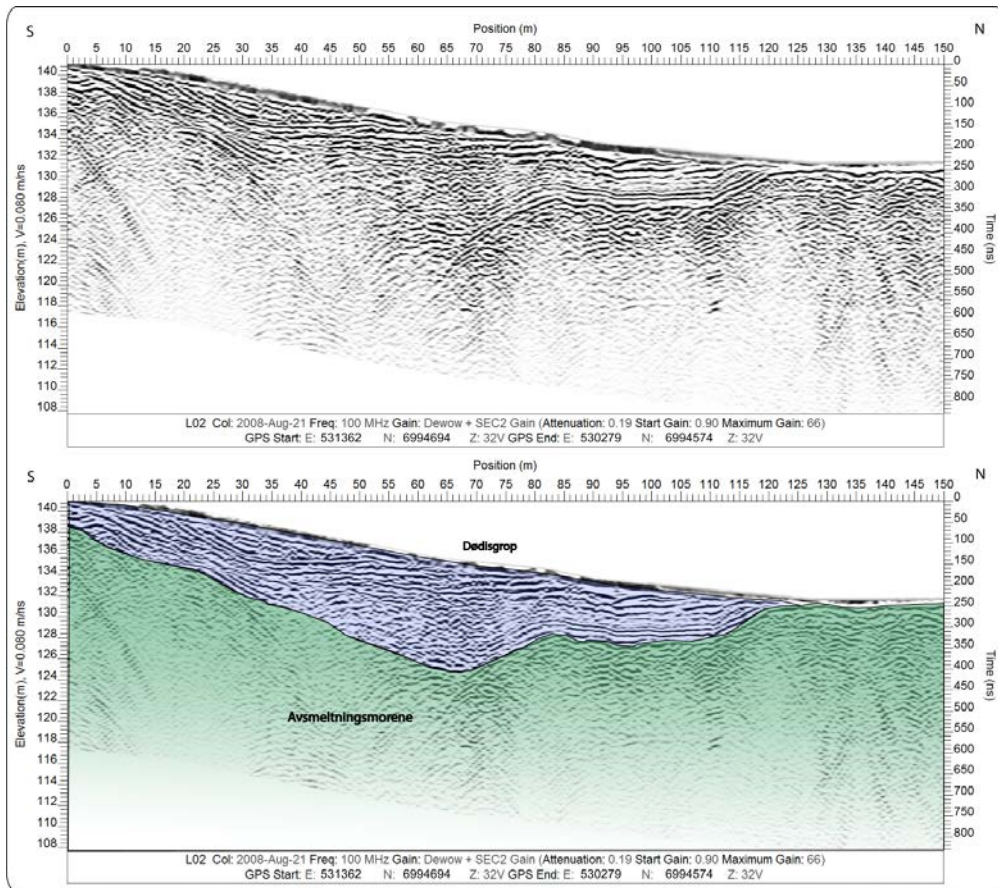
Figur 3.3: Profil L01a prosessert med og uten tolkning.



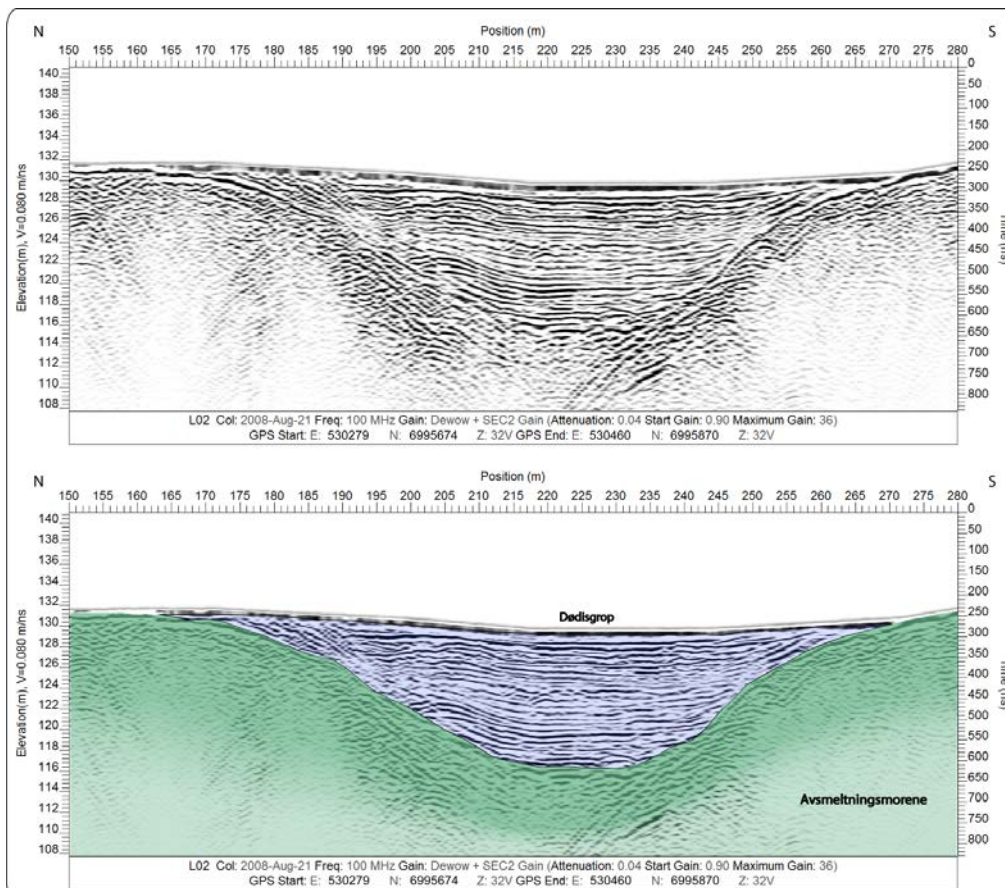
Figur 3.4: Profil L01b prosessert med og uten tolkning.



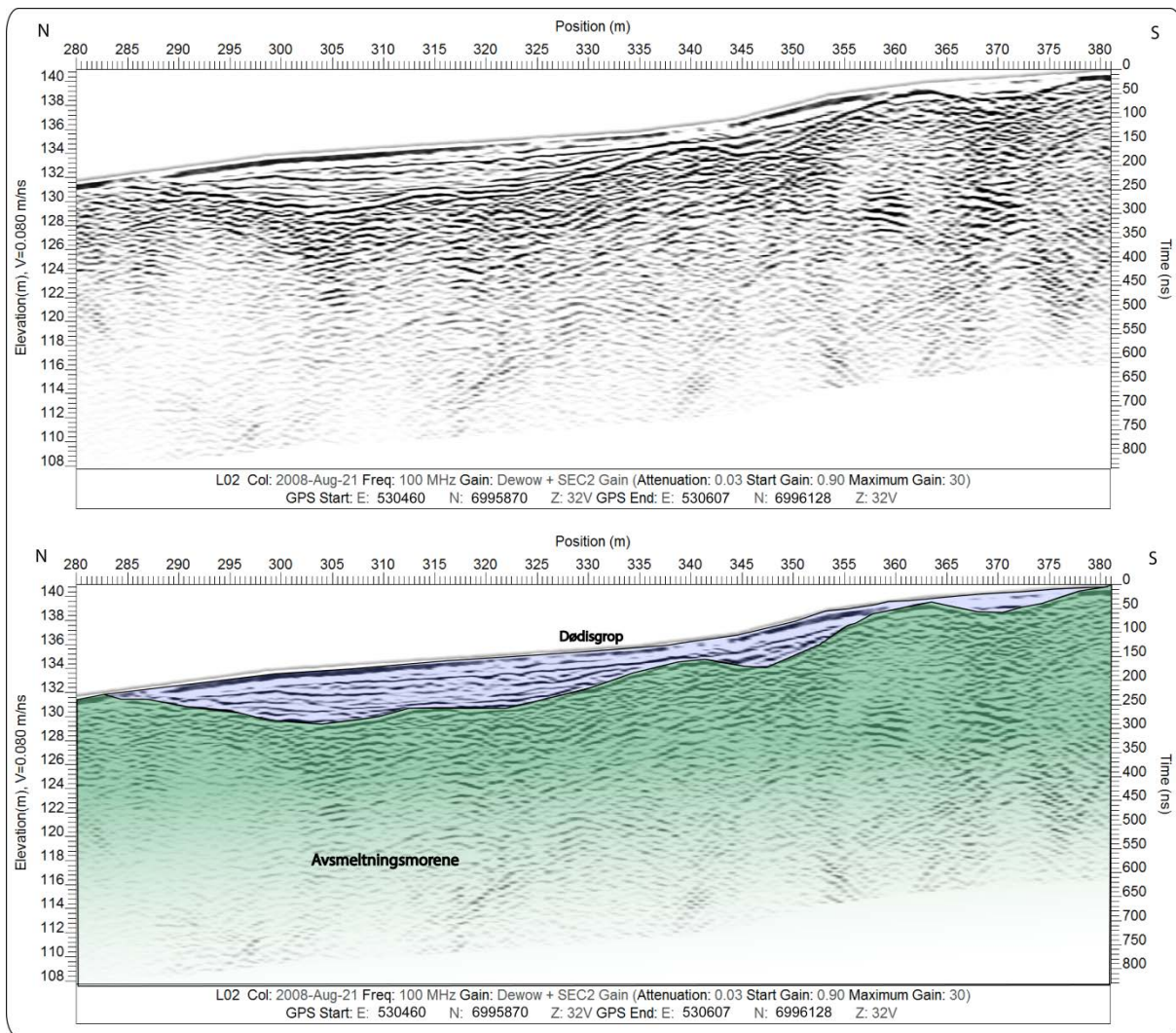
Figur 3.5: Profil L01c prosessert med og uten tolkning.



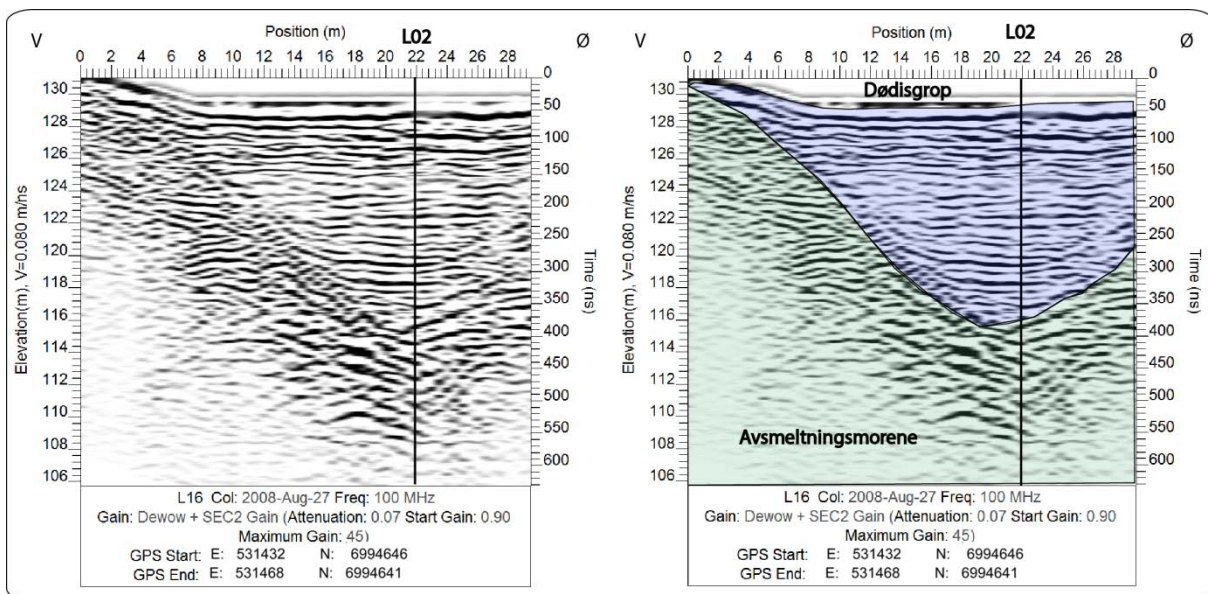
Figur 3.6: Profil L02a prosessert med og uten tolkning.



Figur 3.7: Profil L02b prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L16 er merket.



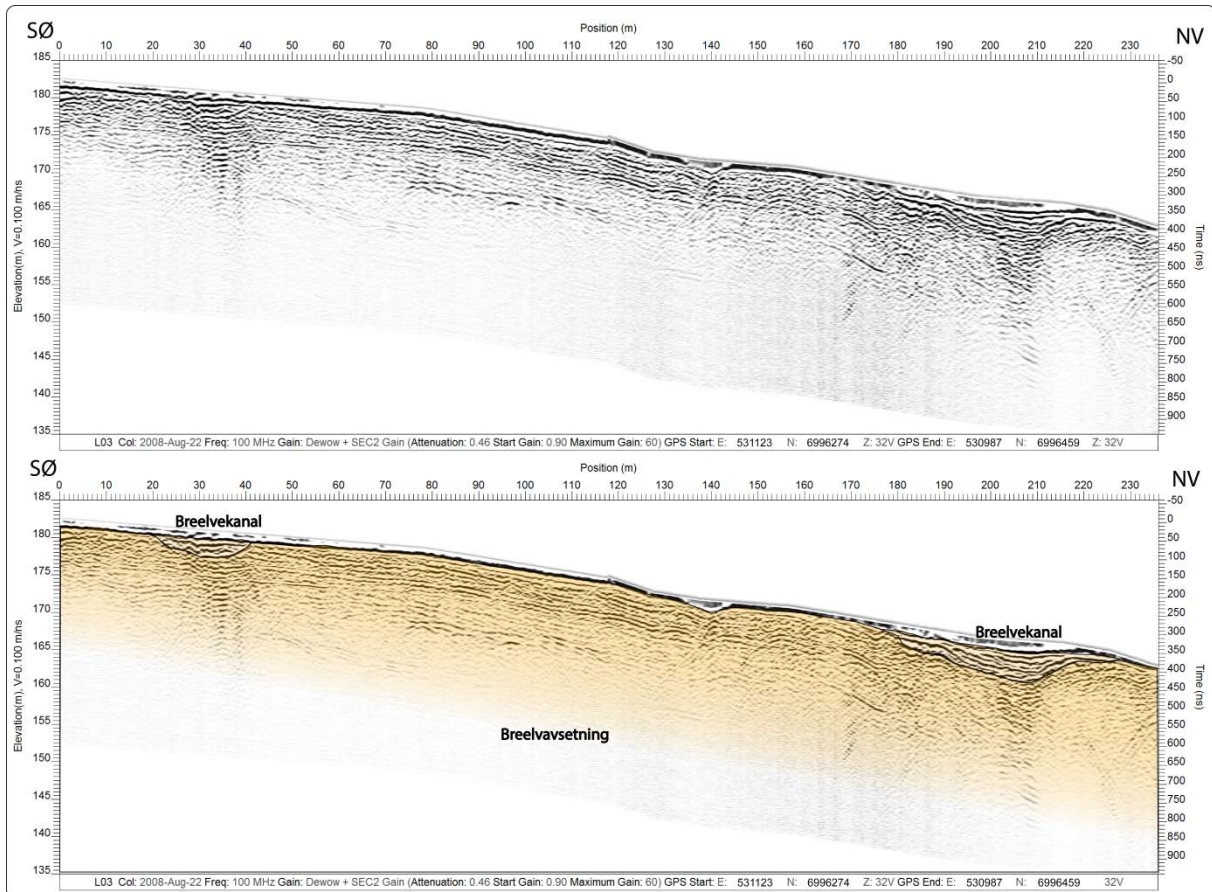
Figur 3.8: Profil L02c prosessert med og uten tolkning.



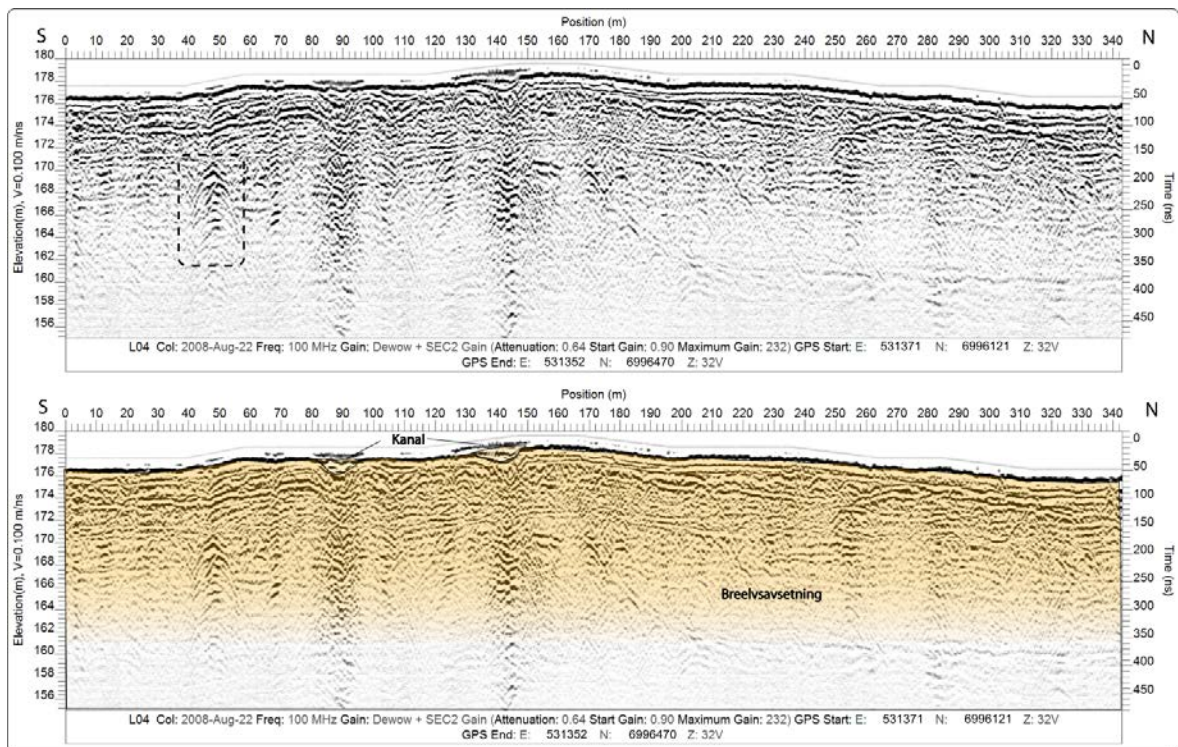
Figur 3.9: Profil L16 prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L02 er merket.

3.1.2 Profil L03 og L04

Profil L03 (Figur 3.10) og L04 (Figur 3.11) ligger på samme slette som L01 starter på. Sletten består av breelvsedimenter avsatt under siste istid noe som også profilene gjenspeiler. L03 viser parallell lagdeling ned til ca 15 m dyp med spor av gjenfylte elvekanaler i overflaten. L04 viser noe mer usammenhengende lag. Det fins også hyperbler i dypet, noe som kan tyde på større blokker. Et nærliggende borehull nord for L03 (Figur 3.1) viser at dyp til fjell ligger på 50 m.

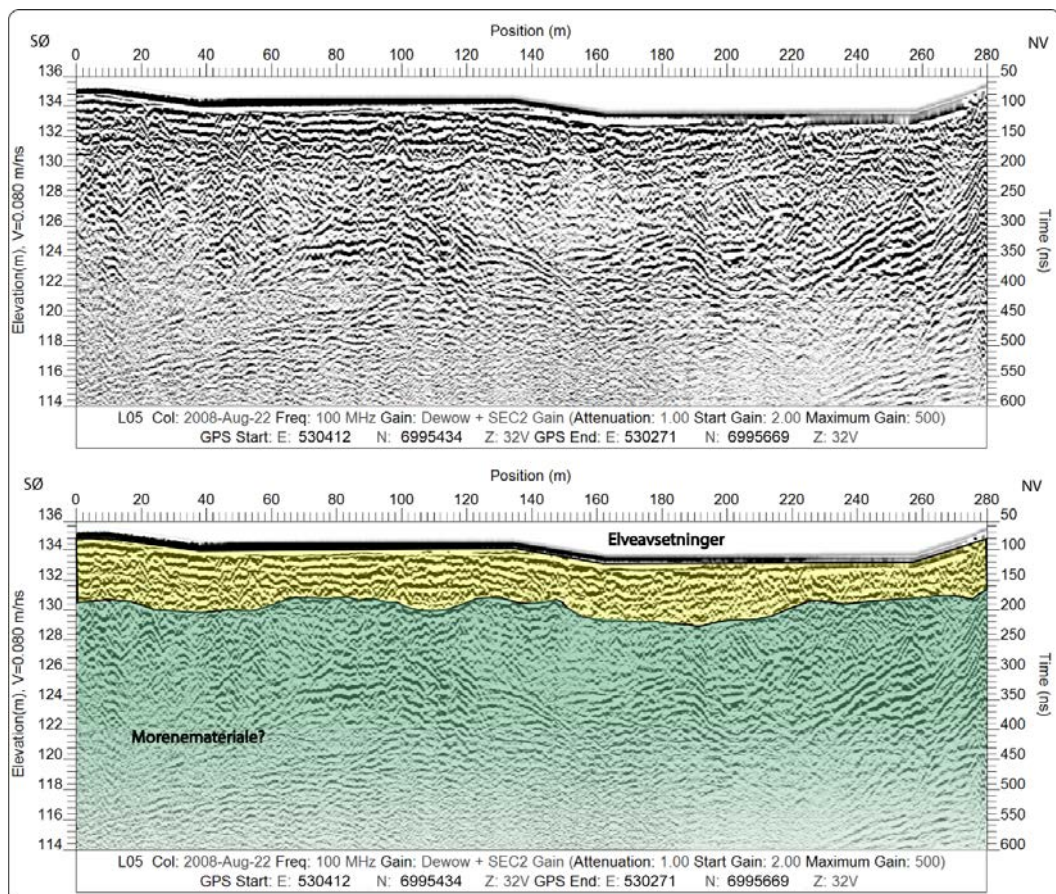


Figur 3.10: Profil L03 prosessert med og uten tolkning.

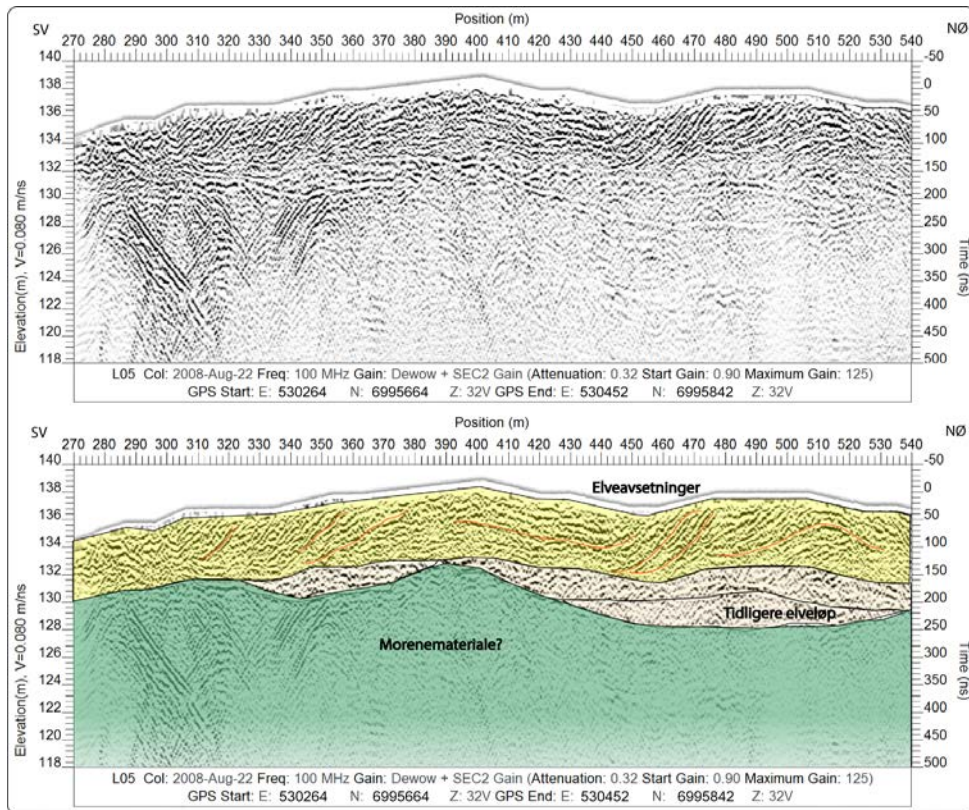


Figur 3.11: Profil L04 prosessert med og uten tolkning. Område for hyperbeltilpasning markert med stiplet boks.

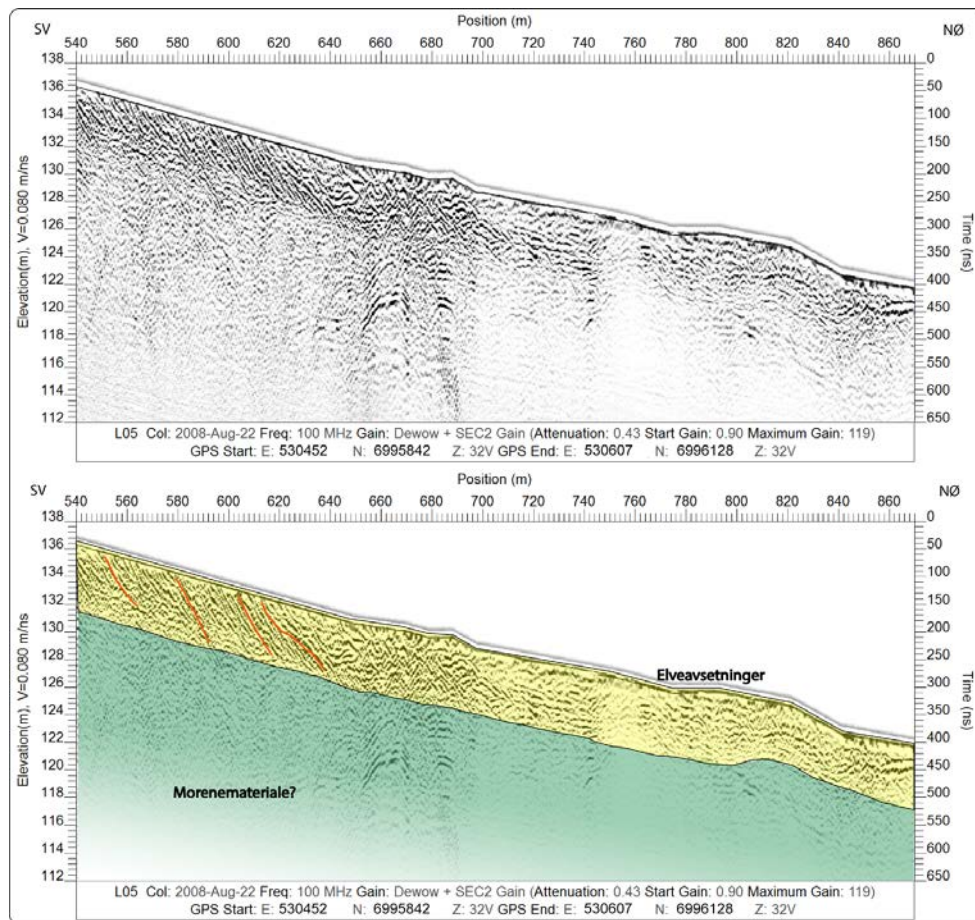
3.1.3 Profil L05, L06 og L07



Figur 3.12: Profil L05a prosessert med og uten tolkning.



Figur 3.13: Profil L05b prosessert med og uten tolkning.

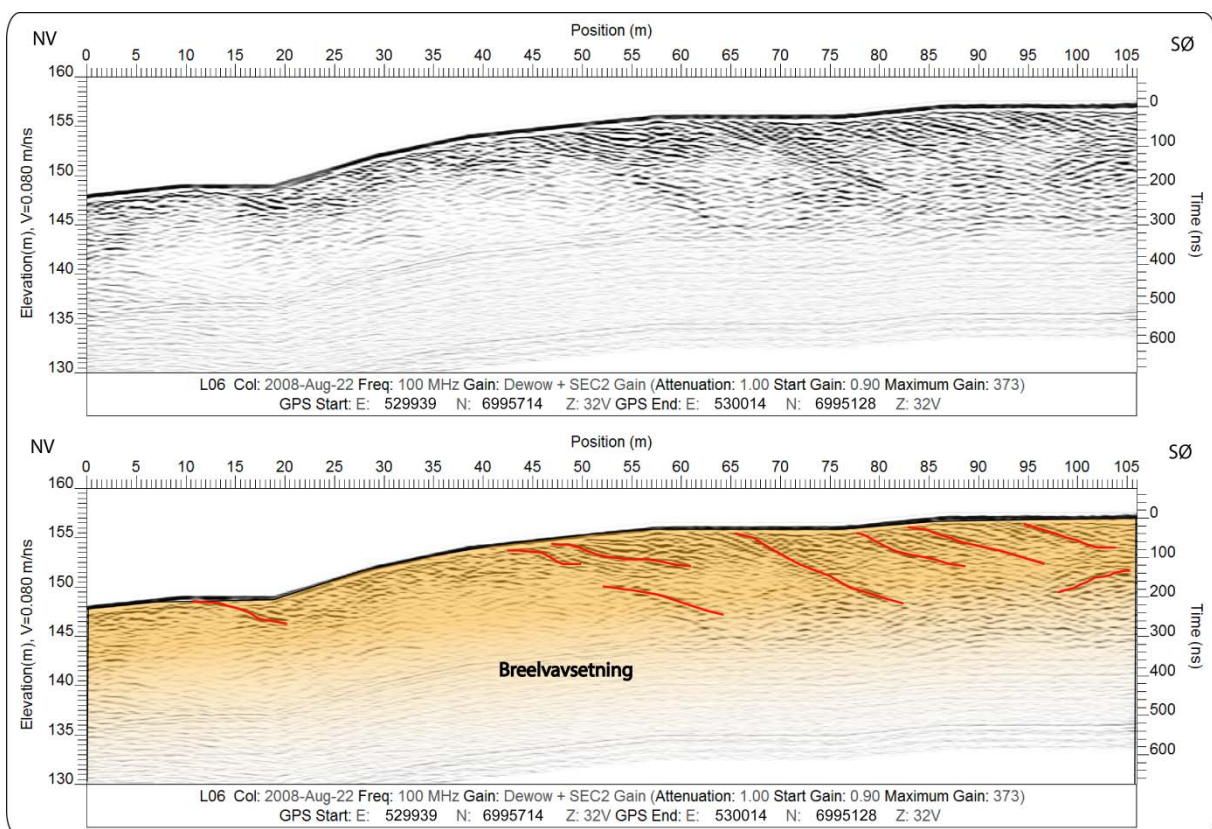


Figur 3.14: Profil L05c prosessert med og uten tolkning.

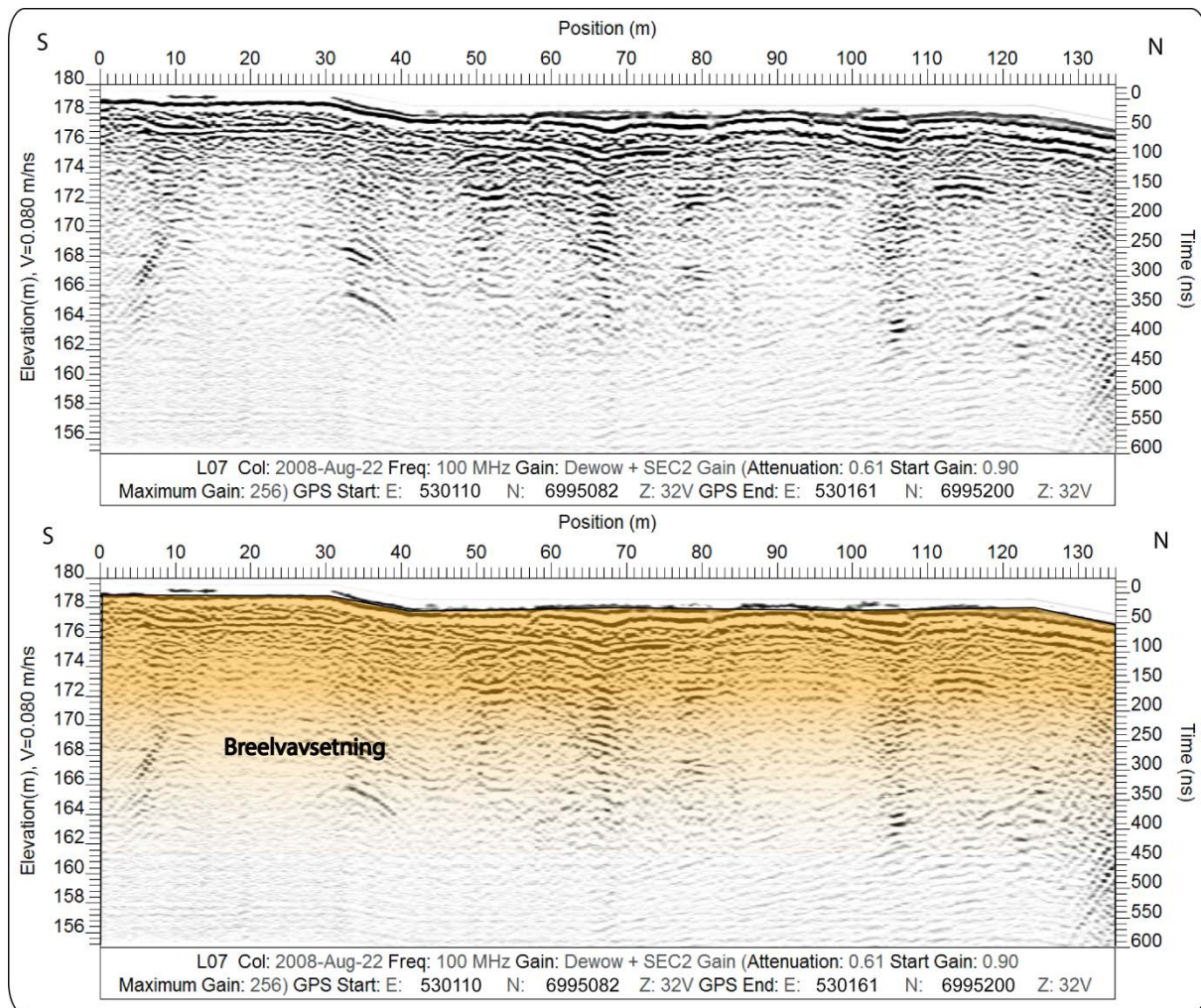
Profil L05 ligger på en flomslette bestående av elveavsetninger. Profilet følger en nordvestlig retning gjennom del a mens den vender mot nordøst og følger denne retningen gjennom del b og c. L05a viser horisontale lag av elveavsetninger i overflaten med en tykkelse på rundt 5 meter. Det underliggende laget består av usammenhengende og tilfeldig orienterte lag. Det er vanskelig å etablere noe mønster i avsetningene, noe som tyder på morenemateriale. Det er viktig å fremheve at L05a viser dypere strukturer enn andre profiler som også viser morenemateriale. Dette er fordi det ble kjørt et kraftigere forsterknings-filter under prosesseringen for å se nærmere på de dypere strukturene.

L05b viser også elveavsetninger i øverste lag, men disse har en tydelig skråstilling mot sørvest. Dette tyder på en sørvestlig transportretning under avsetning. Merk at vinkelen på de skråstilte lag må justeres i forhold til vertikal overdrivelse på ca 5. Under de skråstilte elveavsetningene fins det reflektorer som er tolket som bunnen i tidlige elveløp. Begge enhetene er avsatt på en enhet som består av usammenhengende lag og punktreflektorer som produserer hyperbler. Dette antas å være morenemateriale.

L05c viser mye av det samme som L05b bortsett fra at skrålagene heller motsatt vei. Dette indikerer dermed motsatt transportretning under avsetning. Elveavsetningene er avsatt over morenemateriale.



Figur 3.15: Profil L06 prosessert med og uten tolkning.



Figur 3.16: Profil L07 prosessert med og uten tolkning.

Profil L06 går langs skråningen mellom to flater. Den lavtliggende flata består av elveavsetninger av samme type som L05, L13, L14 og L15 befinner seg i, mens den høytliggende flata består av breelevavsetninger som L03, L04, L07 og L08-L12 befinner seg i. Se kart i *Figur 3.1* og *Figur 3.2* for oversikt. Det er en skråstilt lagdeling som indikerer sørøstlig transportretning under avsetning, noe som er tvers på eller motsatt av istransportretningen og dagens transportretning for Orkla, som renner i bunnen av dalen. Dette er tolket til å stamme fra elvesystemer under isen som lokalt har runnet tvers på hovedretningen for istransporten.

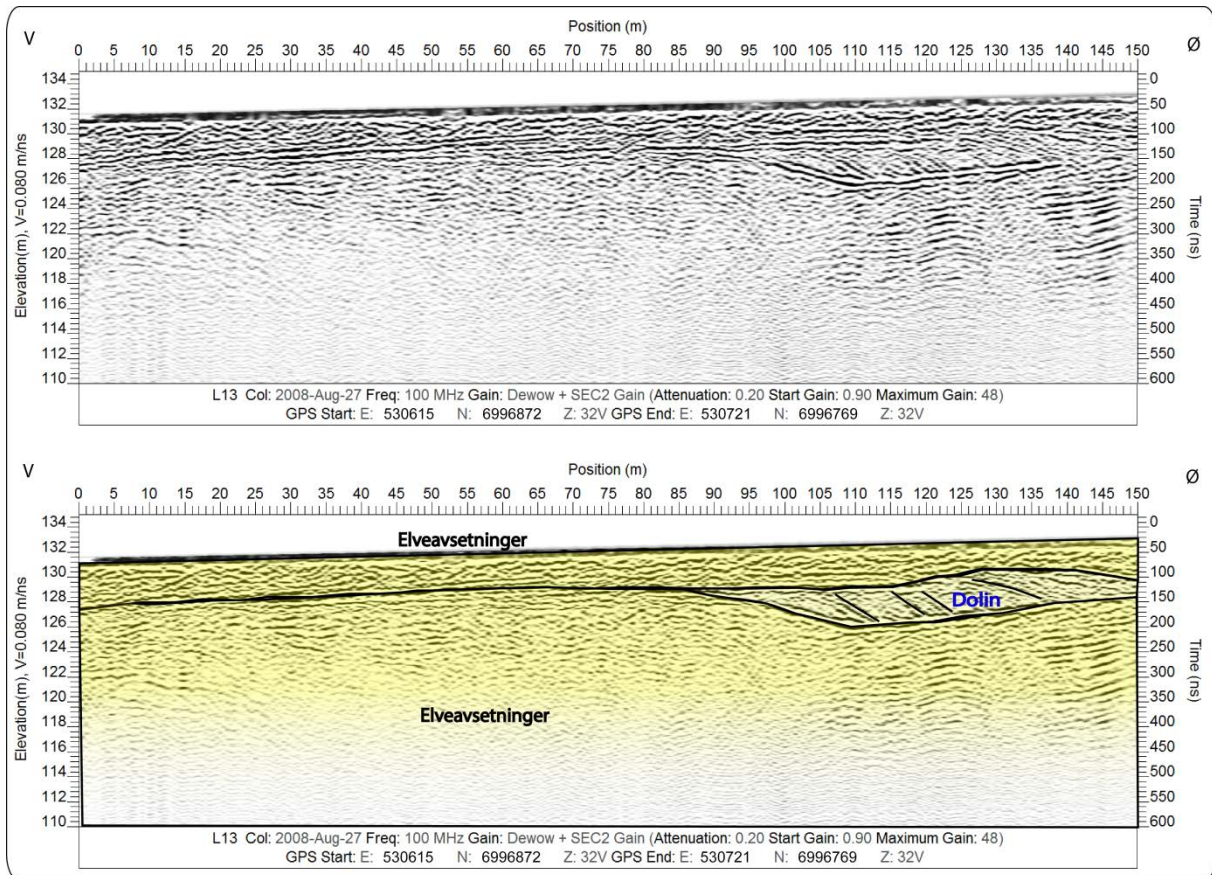
L07 ligger oppå sletta bestående av breelevavsetninger. Profilet viser horisontale lag uten tegn til transportretning. Mektigheten anslås til å være >10 m.

3.1.4 Profil L13, L14 og L15

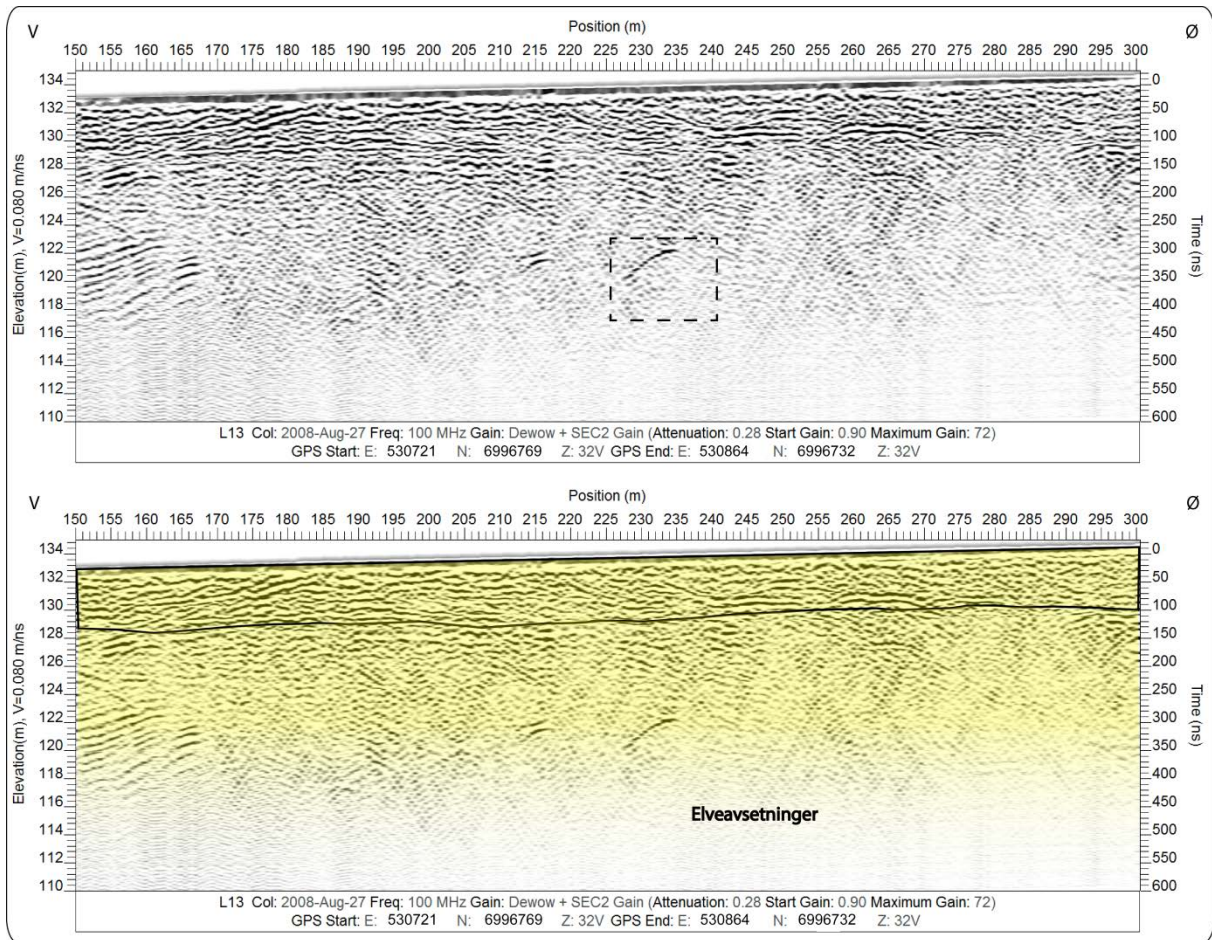
Profil L13, L14 og L15 ligger på elveavsetninger. L14 og L15 er målt over en forsenkning i terrenget. Denne forsenkningen stammer ikke fra en dødisgrop som det fins rikelig av ca 1 km lengre sør, men er tolket til å være en dolin. Den er dannet som følge av at et karsthull kollapset i underliggende kalkbergarter. Lagdelingen i sedimentene i L14 og L15 er noe usammenhengende men later til å følge topografien. Dette samsvarer med at de er avsatt før

karsthullet kollapset for så å synke ned i rasgropen. Mektigheten til sedimentene anslås å være > 20 meter.

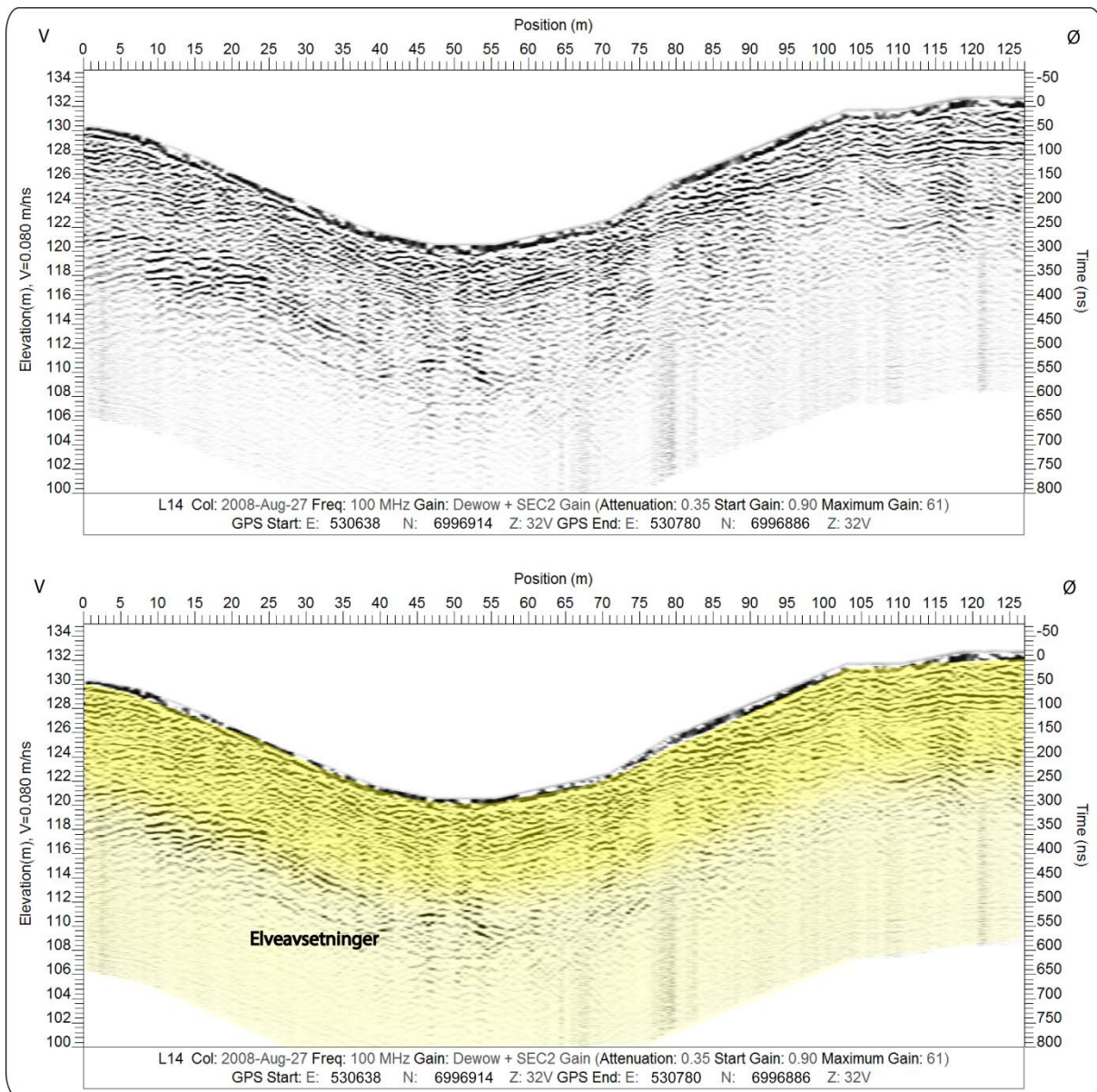
L13 er målt like sør for dolinen og ser ut til å vise to forskjellige sekvenser. Hele profilet består av horisontale elveavsetninger bortsett fra en sekvens øst på L13a hvor det er dannet skrålag. Mektigheten på denne sekvensen er ca 3-4 meter og transportretning er mot øst. Det er mulig at dette er en igjenfylt dolin som er dannet ved en tidligere fase.



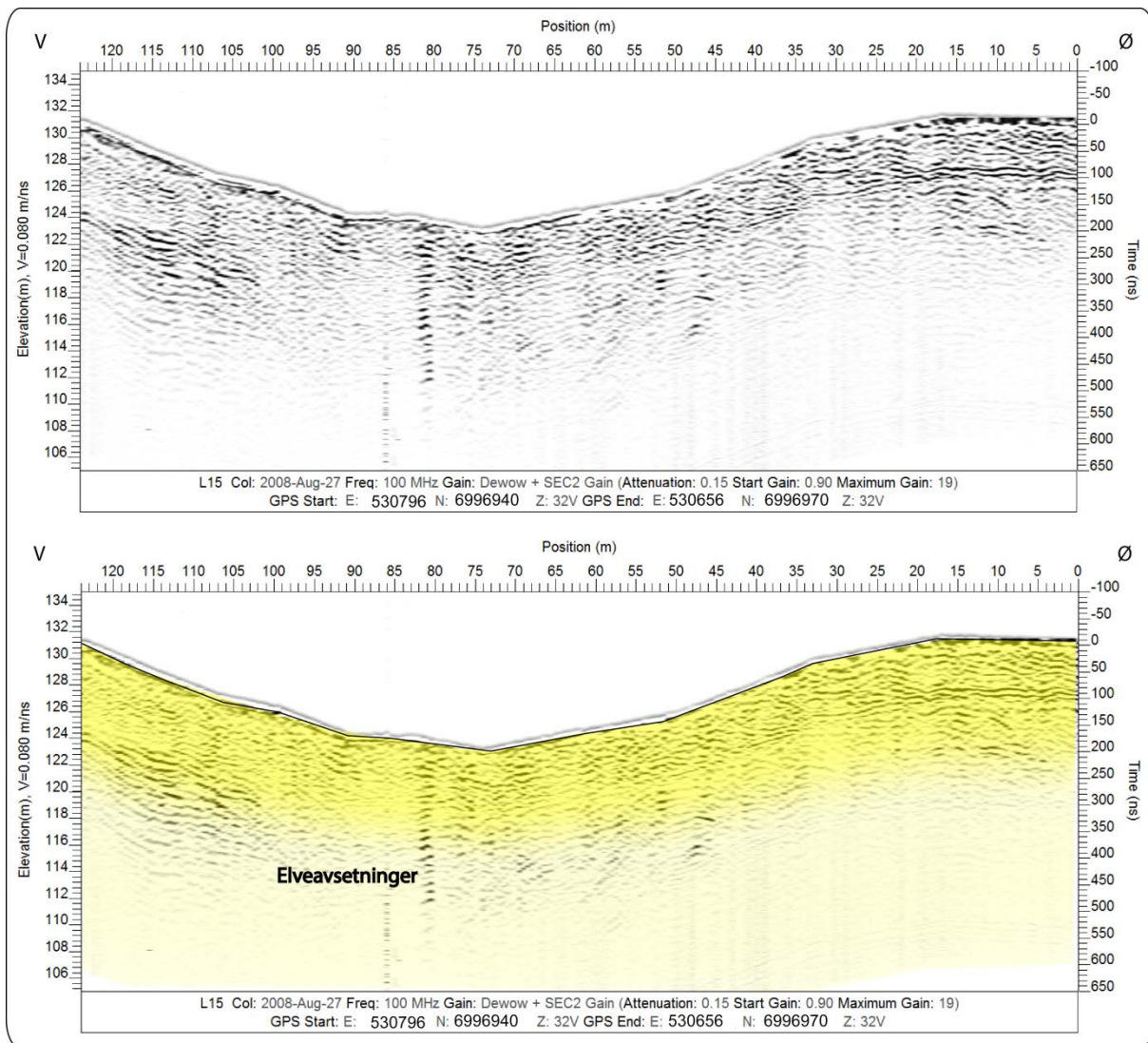
Figur 3.17: Profil L13a prosessert med og uten tolkning.



Figur 3.18: Profil L13b prosessert med og uten tolkning.



Figur 3.19: Profil L14 prosessert med og uten tolkning.

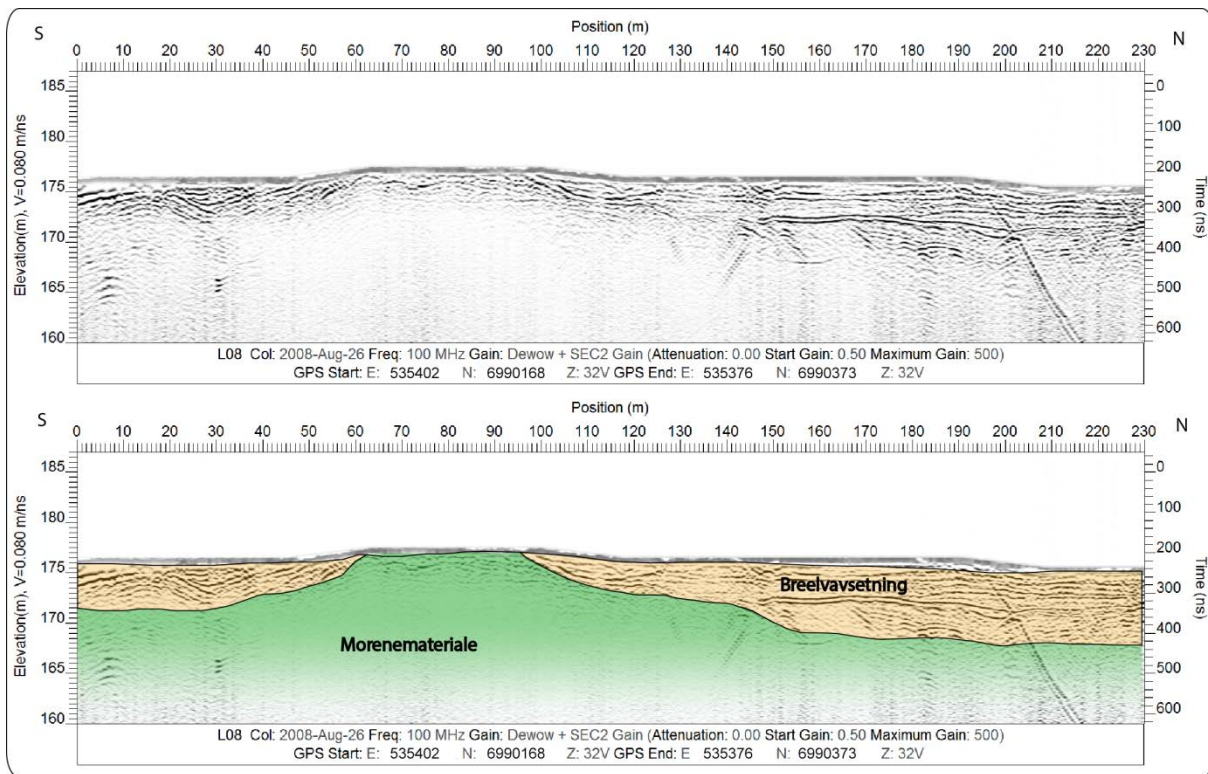


Figur 3.20: Profil L15 prosessert med og uten tolkning.

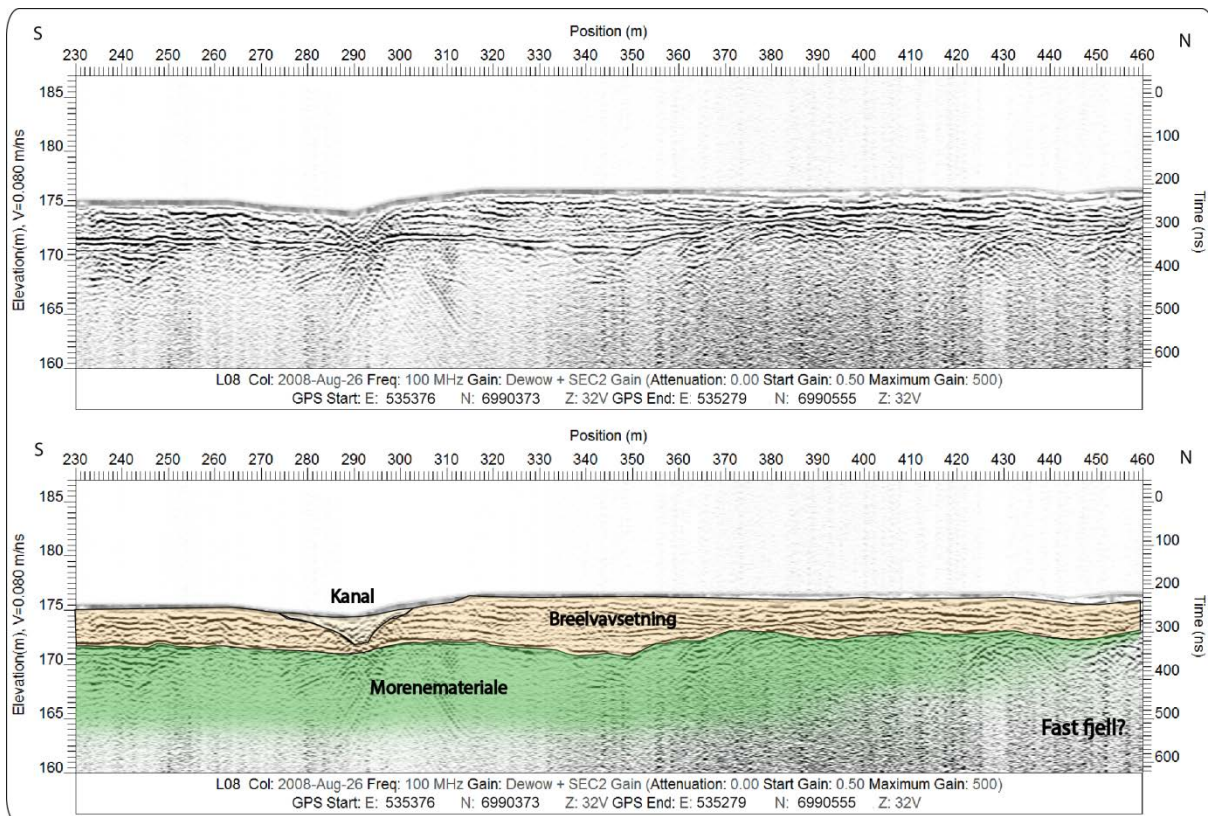
3.2 Meldal

3.2.1 Profil L08

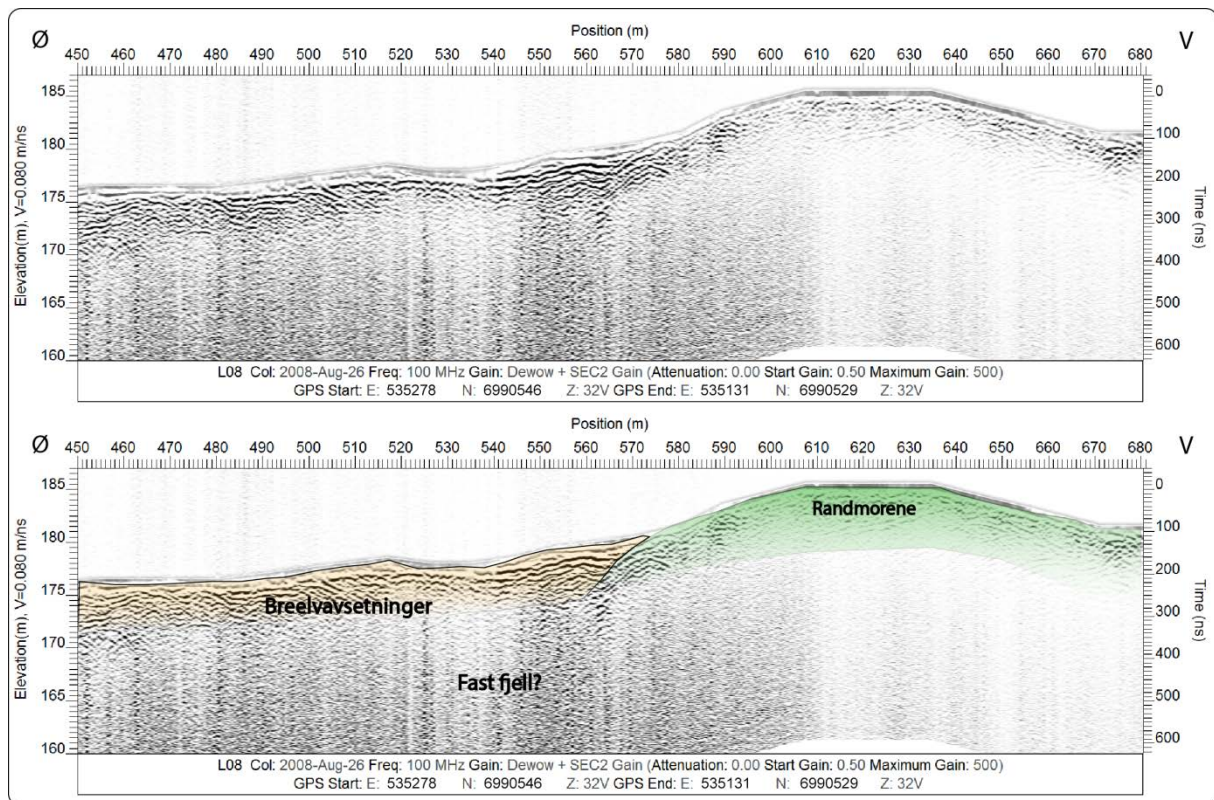
Profil L08 (Figur 3.21, Figur 3.22 og Figur 3.23) ligger på en terrasse ca 30 meter over flomsletten med elveavsetninger. Kvartærgeologiske kart viser breelvsedimenter langs første del av profilet og morenemateriale langs resten. Det som i midlertidig vises på L08 er at horisontale lag ser ut til å følge langs store deler av profilet. Dette tyder på at utbredelsen av breelvsedimenter er større enn først antatt. Morenemateriale er blottlagt mellom 60 og 100 meter-markøren og etter 570 meter i siste del av profilet. Siste del av profilet er tidligere kartlagt som randmorene, denne er da tatt med i denne tolkningen. Kvartærgeologisk kart viser også at dyp til fjell er svært lite. Dette er vanskelig å se på disse profilene da det ikke er noe klar markør som viser dette. Manglende indikasjon på dyp til fjell kan skyldes en gradvis tettere pakning av morenen mot dypet, noe som ikke gir klar nok kontrast i dielektrisk konstant til å få en reflektor.



Figur 3.21: Profil L08a prosessert med og uten tolkning.



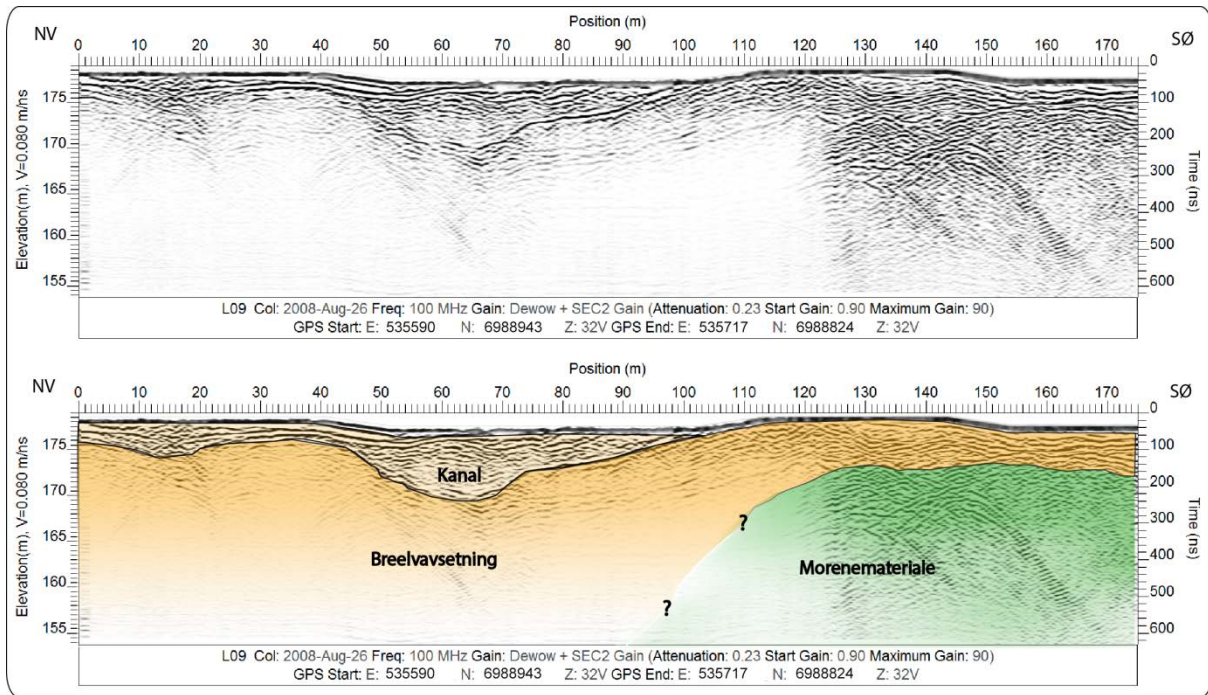
Figur 3.22: Profil L08b prosessert med og uten tolkning.



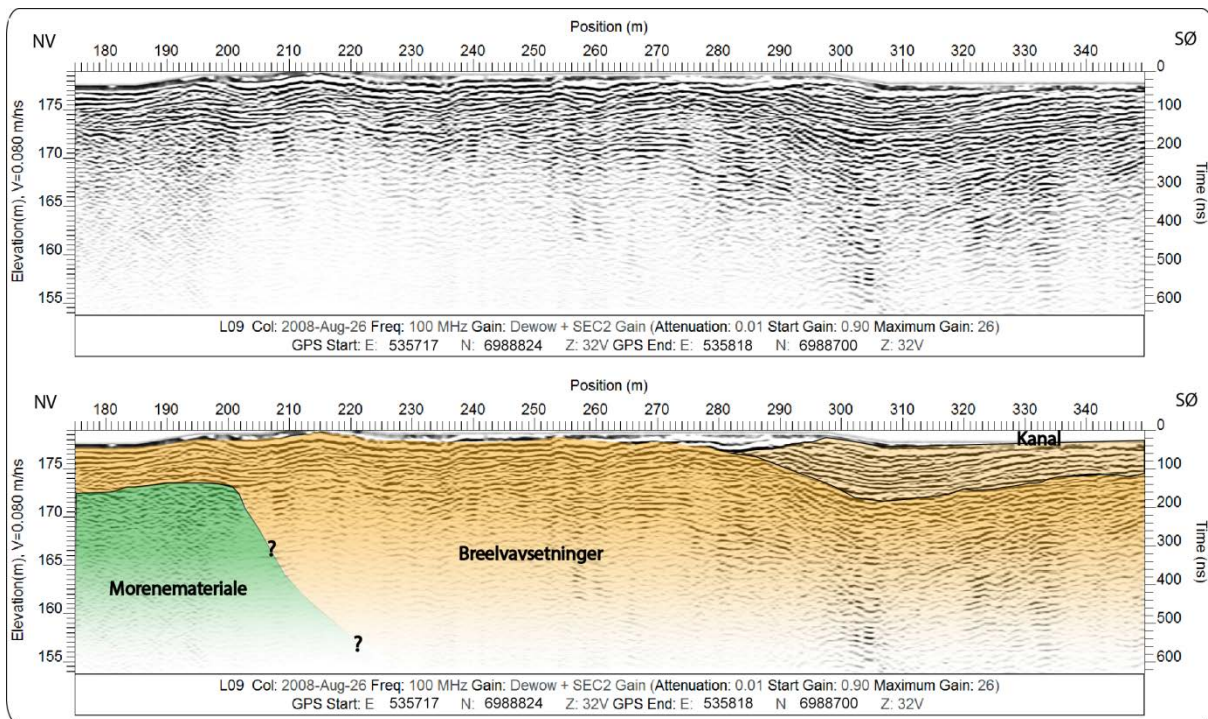
Figur 3.23: Profil L08c prosessert med og uten tolkning.

3.2.2 Profil L09, L10, L11 og L12

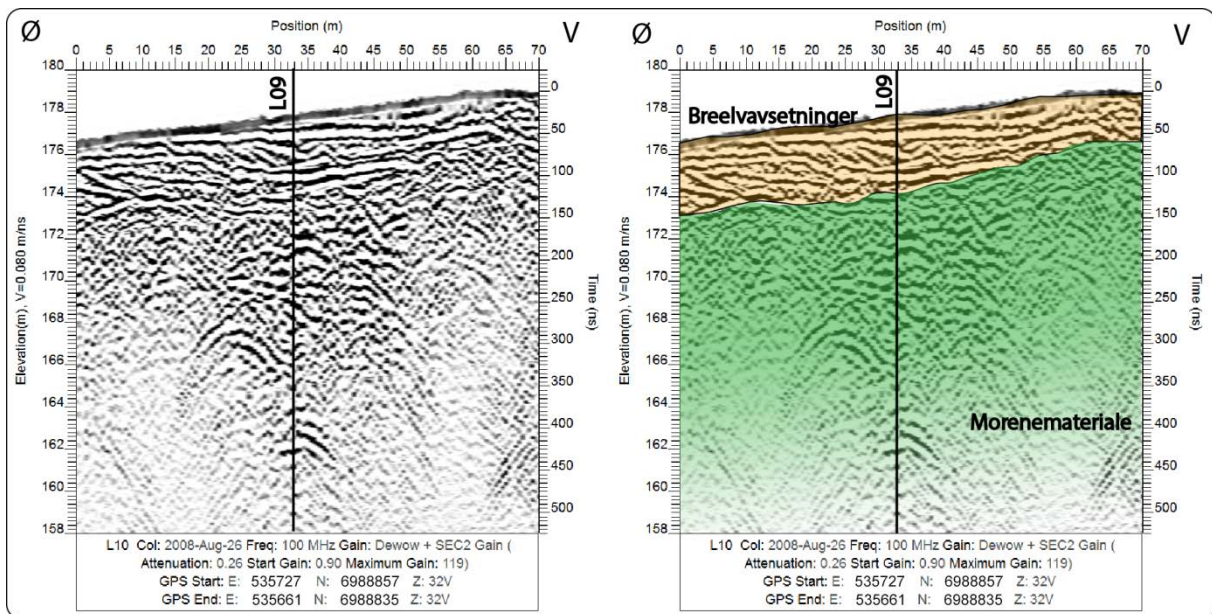
Profil L09 og L10 (Figur 3.24, 3.25 og 3.26) ligger i likhet med L08 på en terrasse ca 30 meter over flomsletten med elveavsetninger. De krysser hverandre som markert på Figur 3.24 og 3.26. Begge profilene består i hovedsak av breelavsetninger, som det kvartærgeologiske kartet viser. Men mellom 120 og 210 meter ligger et område på ca 5 meters dyp med hyperbler skapt av punktreflekterer. Dette er tolket som blokker i morenemateriale. Utstrekningen er noe usikker da oppløsningen på dataene ikke er tilstrekkelig.



Figur 3.24: Profil L09a prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L10 er merket.

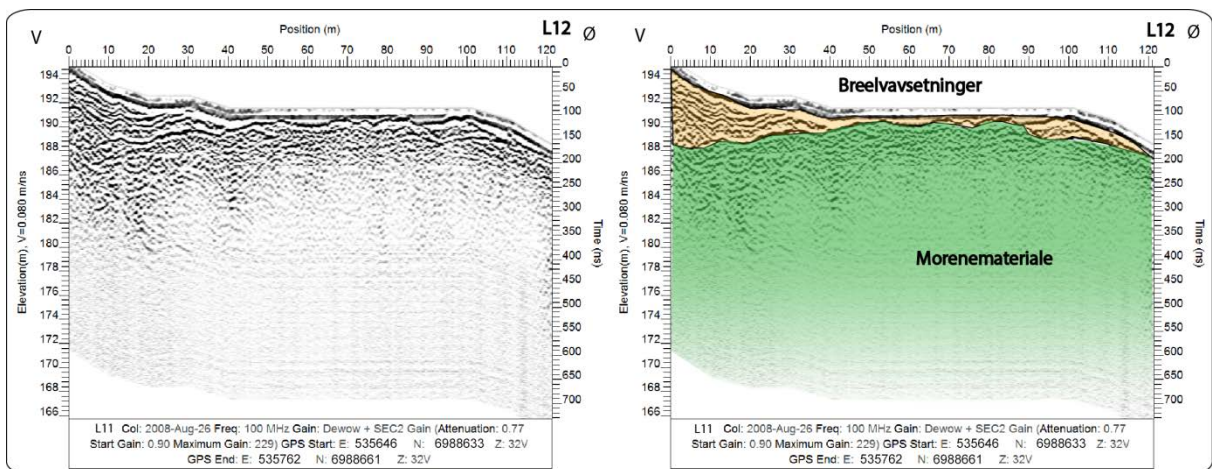


Figur 3.25: Profil L09b prosessert med og uten tolkning.

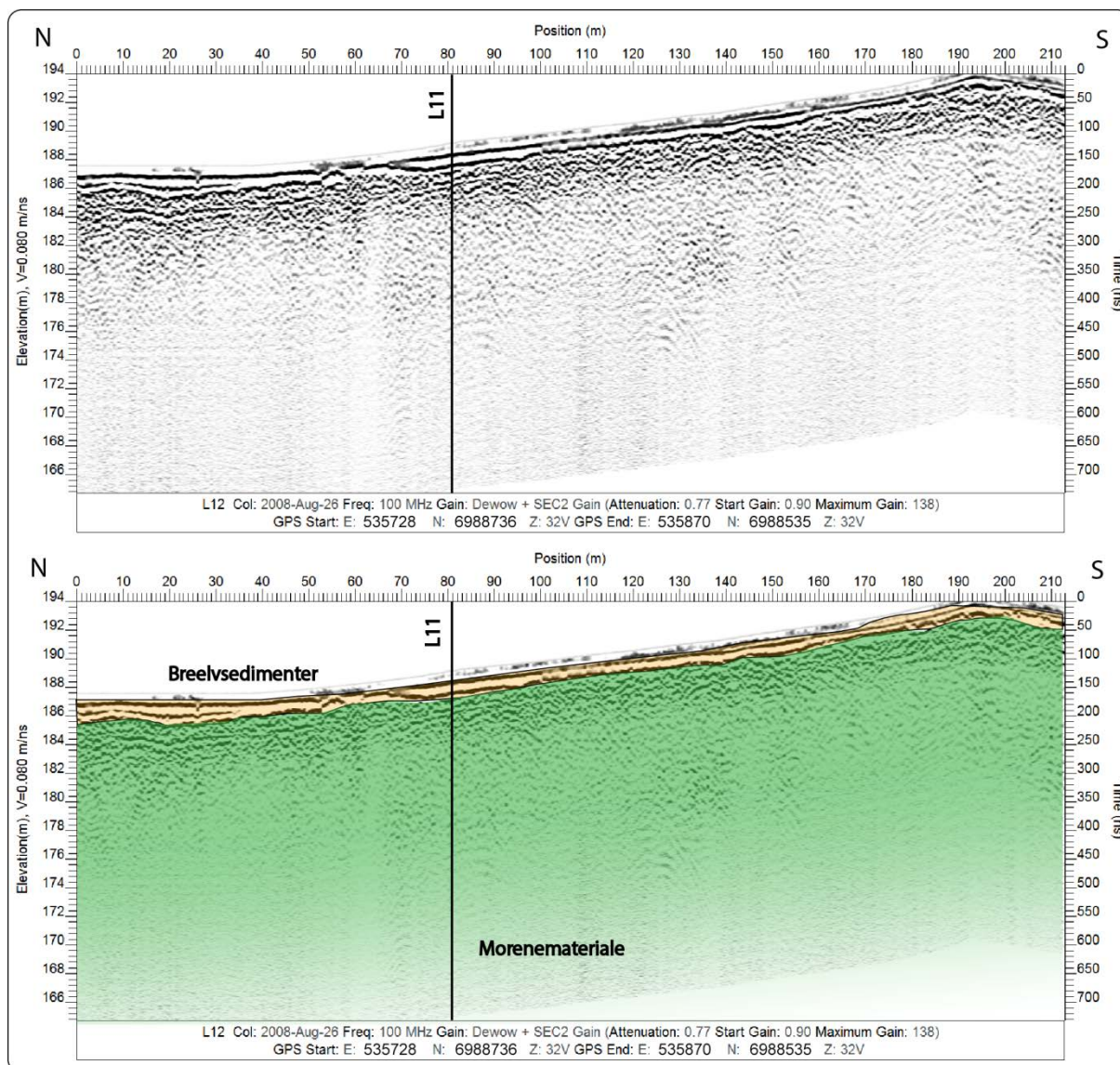


Figur 3.26: Profil L10 prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L09 er merket.

Profil L11 og L12 (Figur 3.27 og 3.28) ligger på en terrasse ca 10 meter over L09 og L10. Begge profilene viser horisontale lag i overflaten, noe som samsvarer med breeelvsedimenter som angitt i kvartærkartet. Tykkelsen på disse sedimentene er rundt 2 meter langs L12 og fra 2 til 6 meter langs L11. Underliggende lag er tolket å være morenemateriale og ikke fjell siden borehullsdata i nærheten viser dyp til fjell på 25 meter.



Figur 3.27: Profil L11 prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L12 er merket.



Figur 3.28: Profil L12 prosessert med og uten tolkning. Krysningspunkt for L11 er merket.

4. Konklusjoner

De geofysiske målingene støtter i hovedtrekk de tolkninger som er gjort ved den kvartærgeologiske kartleggingen (kartblad Løkken 1521 III). I tillegg gir målingene opplysninger som gir grunnlag for å justere det kvartærgeologiske kartet lokalt. For eksempel kan grensen mellom morenemateriale og brelvmateriale langs profillinjen L08 i Meldal justeres basert på GPR-dataene, samt at en sannsynlig randmorene som ikke fremgår direkte av kvartærkartet er lokalisert og overlappet av få meter sand og grus i området der profil L09-L10 er lagt. Morenemateriale, som heller ikke sees direkte av kvartærkartet, ligger under få meter sand og grus også der profilene L11 og L12 er lokalisert.

Dette viser eksempler på nytteverdien av å ha tilgang på geofysiske måledata (her GPR data) ved den generelle kvartærgeologiske kartleggingen for å få kartet best mulig, og oppdatert med slike data der kartleggingen er gjort på forhånd.

5. Referanser

- GRANADA. (u.d.). *NGU - Nasjonal grunnvannsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/granada>
- Kartverket.no. (u.d.). *Kartverket - nedlasting*. Hentet fra <http://data.kartverket.no/download/>
- Løsmassekart. (u.d.). *NGU - Nasjonal Løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse>
- Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics* (2nd ed.). Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Sensors & Software. (2006). *pulseEKKO PRO User's Guide*. User's Guide, Mississauga, Canada.
- Sensors & Software. (2013). *EKKO_Project V1 R3/EKKO_Project LineView V1 R2 User's Guide*. Mississauga, Canada.

A. Vedlegg

Tabell A.1: Koordinater fra håndholdt GPS for profiler ved Storås målt under innsamling av data. Merk at noen profiler ikke er gjort i rett linje, se kart i Figur 3.1 og Figur 3.2 for profiltraséer. Koordinater i WGS84 UTM32.

Profil	X	Y	Profil	X	Y
L01	531696	6995484	L06	529941	6995712
L01	531550	6995356	L06	530015	6995638
L01	531432	6995108	L07	530109	6995081
L01	531336	6994757	L07	530161	6995200
L02	531364	6994696	L13	530615	6996872
L02	531406	6994747	L13	530750	6996742
L02	531439	6994710	L13	530865	6996732
L02	531457	6994657	L14	530639	6996914
L02	531458	6994493	L14	530686	6996904
L03	531124	6996274	L14	530735	6996892
L03	531054	6996366	L14	530783	6996886
L03	530993	6996442	L15	530798	6996939
L03	530987	6996459	L15	530752	6996950
L04	531371	6996121	L15	530703	6996961
L04	531364	6996252	L15	530654	6996971
L04	531352	6996470	L16	531432	6994646
L05	530414	6995434	L16	531468	6994641
L05	530264	6995664	L17(CMP1)	531456	6994647
L05	530378	6995783			
L05	530446	6995821			
L05	530496	6995993			
L05	530552	6996045			
L05	530607	6996128			

Tabell A.2: Koordinater fra håndholdt GPS for profiler ved Meldal målt under innsamling av data. Merk at noen profiler ikke er gjort i rett linje, se kart i Figur 3.1 og Figur 3.2 for profiltraséer. Koordinater i WGS84 UTM32.

Profil	X	Y	Profil	X	Y
L08	535403	6990170	L09	535590	6988944
L08	535439	6990280	L09	535707	6988836
L08	535359	6990397	L09	535767	6988765
L08	535321	6990418	L09	535817	6988702
L08	535277	6990507	L10	535726	6988856
L08	535280	6990563	L10	535663	6988836
L08	535212	6990618	L11	535647	6988633
L08	535142	6990596	L11	535762	6988661
L08	535131	6990529	L12	535728	6988736
			L12	535807	6988535



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no